



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**Dirección de Postgrados**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN  
GESTIÓN DE ENERGÍAS COHORTE 2014.**

## **TÍTULO:**

---

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS  
VEHÍCULOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA DEL PARQUE  
AUTOMOTOR DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO EN EL AÑO 2015.  
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y  
CONTROL DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE COMBUSTIBLE.”**

---

**Autor: Ing. Manuel Arturo Falconí Borja**

**Tutor Ing. Secundino Marrero Ramírez. PhD.**

**Latacunga-Ecuador**

**Julio-2017**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**Latacunga – Ecuador**

---

**AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Falconí Borja Manuel Arturo, con el título del proyecto de investigación y desarrollo: **“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS VEHÍCULOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO EN EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE COMBUSTIBLE”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de defensa del proyecto de investigación. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga junio 2017.

Para constancia firman:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
PRESIDENTE

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
MIEMBRO

MIEMBRO

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
PONENTE



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
UNIDAD DE POSGRADO  
Latacunga – Ecuador

---

**AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Latacunga, Marzo del 2017

En mi calidad de Director de proyecto de investigación y desarrollo presentada por el Ing. Falconí Borja Manuel Arturo, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS VEHÍCULOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO EN EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE COMBUSTIBLE”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

-----  
PhD Secundino Marrero Ramírez  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## **AUTORÍA**

Yo, Falconí Borja Manuel Arturo, portador del número de cédula 172016217-9, declaro que el presente Proyecto de Investigación de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente,

-----  
Manuel Arturo Falconí Borja  
C.I. 172016217-9

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento eterno al cuerpo docente y administrativo de la Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2014 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi tutor, PhD Secundino Marrero Ramírez y al PhD Arlys Michel Lastre, por el apoyo y guía incondicional en el desarrollo de esta investigación.

Arturo

## **DEDICATORIA**

A David Arturo, con mucho amor y esfuerzo de parte de su padre.

Arturo

## **TABLA DE CONTENIDOS**

Portada.....	i
Aval del tribunal de grado.....	ii
Aval del director del proyecto de investigación .....	iii
Autoría.....	iv
Agradecimiento.....	v
Dedicatoria.....	vi
Tabla de contenidos .....	vii
Índice de tablas .....	xiii
Índice de figuras.....	xiv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii
Introducciòn.....	1
Situación problémica .....	3
Justificación de la investigación .....	5
Objeto de estudio y problema de investigación .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos .....	7
Hipótesis.....	7
Alcance de la investigación .....	7
Sistema de tareas.....	7

## **CAPÍTULO 1**

### **MARCO CONTEXTUAL TEÓRICO**

1.1.	Antecedentes del objeto de estudio .....	10
------	--	----

1.2.	Argumentación teórica .....	14
1.3.	Eficiencia del consumo de combustible .....	16
1.3.1.	Factores que afectan el consumo de combustible .....	16
1.3.2.	Los conductores como afectan al consumo de combustible.....	17
1.3.3.	Los vehículos como influyen en el consumo de combustible .....	17
1.3.4.	Antigüedad de la flota .....	18
1.3.5.	La marcha en ralentí (diésel consumido en baja) .....	19
1.3.6.	Medición del consumo de combustible en el transporte de carga .....	19
1.3.7.	Las rutas y las condiciones del tráfico en el consumo de combustible .....	21
1.3.8.	Ruta de operación para el consumo de combustible .....	22
1.3.9.	Tipos de combustibles .....	23
1.4.	Etapas de la medición y gestión del combustible .....	23
1.5.	Selección de los indicadores de eficiencia del combustible .....	24
1.6.	Recolección de datos para el consumo de combustible .....	25
1.6.1.	Posibles errores en la recolección de datos para el consumo de combustible..	25
1.6.2.	Errores de los equipos y sistemas .....	25
1.6.3.	Errores debido al operario .....	26
1.6.4.	Revisión, evaluación de datos .....	26
1.7.	Análisis mensual detallado .....	27
1.7.1.	Resumen por grupo de vehículos .....	27
1.7.2.	Ranking de los conductores.....	28
1.7.3.	Buenos y malos registros.....	28
1.8.	Tipos de vehículos.....	29
1.8.1.	Características de los vehículos que existen.....	29
1.9.	Redes neuronales.....	29



1.10.	Concepción del sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible .....	30
1.10.1.	Descripción de los principios para la simulación de un ambiente productivo empresarial .....	30
1.10.2.	Ventajas y desventajas de la simulación por computadora .....	32
1.10.3.	Análisis de las características en las herramientas de simulación de procesos	35
1.11.	Técnica de modelado.....	37
1.11.1.	Soporte de técnicas.....	37
1.11.2.	Capacidades de Simulación.....	37
1.11.2.1.	Modulo separado o no.....	37
1.11.2.2.	Animación .....	37
1.11.2.3.	Modificación en curso .....	38
1.11.2.4.	Análisis de ruta.....	38
1.11.2.5.	Presentación de los resultados.....	39
1.11.3.	Capacidades Analíticas.....	39
1.11.3.1.	Análisis de capacidad (carga de trabajo).....	39
1.11.3.2.	Evaluación de los resultados y análisis estadísticos.....	39
1.11.3.3.	ABC.....	40
1.11.4.	Capacidades de Divulgación .....	40
1.11.4.1.	Importar/Exportar de/a otras herramientas de análisis .....	40
1.11.4.2.	Importar/Exportar en diferentes formatos de visualización .....	41
1.11.4.3.	Importar/Exportar a XML .....	41
1.11.4.4.	Compartir vía Web/red local los modelos de simulación y los datos .....	41
1.11.5.	Modelos de Sistemas .....	42
1.11.5.1.	Simuladores de Redes de Petri .....	43

1.11.5.2.	Simuladores de Redes de Petri existentes .....	46
1.11.5.3.	Modelado de Sistemas Híbridos mediante Redes de Petri Difusas y Redes Neuronales.....	47
1.12.	Conclusiones del capítulo.....	48

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1.	Diseño de la investigación.....	50
2.2.	Modalidad de campo .....	50
2.3.	Modalidad bibliográfica documental.....	51
2.4.	Modalidad proyecto factible.....	51
2.5.	Forma de investigación .....	51
2.6.	Tipo de investigación .....	51
2.7.	Metodología de la investigación.....	52
2.7.1.	Método de investigación .....	52
2.8.	Población y muestra .....	54
2.9.	Operacionalización de variable independiente y dependiente .....	54
2.10.	Norma ISO 50001 .....	55
2.10.1.	Importancia de la ISO 50001.....	56
2.10.2.	Funcionamiento ISO 50001 .....	58
2.10.3.	Modelos para estimar el consumo de combustible.....	58
2.10.4.	Técnicas e instrumentos de la investigación .....	71
2.10.5.	Odómetro.....	79
2.10.6.	Módulo de Registro de Flota .....	81

2.10.6.1.	Módulo de Base de Datos de Movimiento de Flota .....	81
2.10.6.2.	Módulo de Predicción de Consumo de Combustible .....	82
2.10.6.3.	Módulo de Generación de Reportes .....	82
2.10.6.4.	Módulo de Actualización del Modelo Predictivo .....	83
2.10.6.5.	Módulo de Interface de Usuario/Sistema .....	83
2.11.	Conclusiones del capítulo.....	89

### **CAPÍTULO 3**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1.	Análisis de resultados .....	90
3.2.	Topología de la RNA .....	93
3.3.	Implementación del sistema .....	99
3.4.	Conclusiones del capítulo.....	101

### **CAPÍTULO 4**

#### **LA PROPUESTA**

4.1.	Título .....	103
4.2.	Justificación.....	103
4.3.	Objetivo general .....	103
4.4.	Estructura de la propuesta .....	104
4.5.	Desarrollo de la propuesta.....	104
4.6.	Análisis técnico económico de la propuesta .....	112
4.7.	Conclusiones del capítulo.....	112

Recomendaciones .....	113
Referencias bibliográficas.....	114
Anexos.....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Parque automotor del GAD de Santo Domingo .....	54
Tabla 2.2.	Operacionalización variable independiente .....	55
Tabla 2.3.	Operacionalización variable dependiente.....	55
Tabla 2.4.	Sección de data histórica. ....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Simulación por computadora. ....	31
Figura 2.1.	Método Científico .....	53
Figura 2.2.	Consumo combustible vs Velocidad camión en varios estudios.....	60
Figura 2.3.	Velocidad vehículo vs. Consumo de combustible (L/100km) .....	66
Figura 2.4.	Consumo de combustible – Camión Pesado .....	66
Figura 2.5.	Velocidad vehículo vs Consumo de combustible – Camión Articulado.....	67
Figura 2.6.	Inicialización de la aplicación para redes neuronales en “Matlab” .....	75
Figura 2.7.	Ejemplo de estructura y características de formación de una RNA. ....	76
Figura 2.8.	Ventana de Matlab que muestra los parámetros del entrenamiento de la RNA. .	77
Figura 2.9.	Esquema conceptual del sistema para la gestión de consumo de combustible (GAD Municipal de Santo Domingo). ....	81
Figura 2.10.	Esquema de tipologías y números de vehículos de la flota en estudio.....	84
Figura 2.11.	Diagrama entidad-relación de la base de datos general del sistema.....	85
Figura 3.1.	Gráfica de la distribución de los datos y los límites de control de un vehículo ligero analizado. ....	92
Figura 3.2.	Tipos de Capas. ....	93
Figura 3.3.	Tipos de Conexiones entre Neuronas.....	94
Figura 3.4.	Estructura de una RNA Feed Forwar de perceptrón multicapa.....	96
Figura 3.5.	Estructura disperso conciliada de RNA del sistema de predicción. ....	97
Figura 3.6.	Algoritmo general del sistema.....	98
Figura 3.7.	Gráfico de ajuste entre valores de salida, los datos de entradas y el error correspondiente en las etapas de entrenamiento, validación y prueba. ....	99
Figura 3.8.	Gráfico de ajuste entre valores de salida, los datos .....	100

Figura 3.9.	Gráfico de histograma de frecuencias de error.....	101
Figura 3.10.	Regresión de la RNA en las etapas de entrenamiento, validación, prueba y comportamiento general.....	101
Figura 4.1.	Desarrollo de la ventana del sistema para la predicción de recorrido o consumo de combustible.....	105
Figura 4.2.	Desarrollo de la ventana 2 del sistema para la predicción de recorrido o consumo de combustible. ....	105
Figura 4.3.	Desarrollo de las funciones del programa en código m en el entorno de desarrollo de MatLab.....	106
Figura 4.4.	Ventana del sistema que realizar la predicción del desplazamiento recorrido. ....	107
Figura 4.5.	Ventana del sistema que realizar la predicción del consumo de combustible. ....	108
Figura 4.6.	Ficha de reporte para la toma de los valores reales de recorrido y consumo del vehículo. ....	108
Figura 4.7.	Ventana del sistema que realizar el análisis de contraste entre una predicción y las mediciones reales.....	109
Figura 4.8.	Ventana del sistema que realizar el análisis de contraste entre una predicción y las mediciones reales.....	110
Figura 4.9.	Gráfica del error de predicción de los 450 casos de prueba.....	111
Figura 4.10.	Gráfica de la distribución de los datos y los límites de control de un vehículo ligero analizado. ....	111

## **RESUMEN**



## **ABSTRACT**

The researching was an evaluation of the index of fuel consumption in the vehicles and its incidence in the efficiency of the motorized park to Santo Domingo Municipality in the year 2015. It was analyzed the state of the automotive park used for the diverse works, it permits to establish the necessary classification and description of it for the viability of the investigation. During the diagnosis and the study of the historical data, describe the fuel consumption by the route corresponding to each vehicle of the car park, where it was determined the existence of altered data that do not obey the control limits of the efficient operation of the vehicles, Which may be associated with the data collection process, storage errors or fuel control irregularities. The third chapter established the scientific-technical principles for the design of a computer tool for the prediction of fuel consumption and vehicle travel, which is an element of control and planning of the automotive fleet and help assumption of decisions for the execution of the maintenance. With the development of this program is intended to implement a computer system, on the development environment of Math Lab, which allows the prediction and the contrast of fuel consumption and the travel of the automotive fleet in the study, improving management, use and administration of the resources. In the fourth chapter, we can determine that neuron webs represent an excellent alternative as a prediction method for behaviors established by a set of data that characterize the occurrence of an event where were developed different tests of verification and contrast and the error of the prediction did not exceed the 1.8%, which evidences the representability of the RNA response to the fuel consumption and the route realized by the vehicle.

**KEY WORDS:** Consumption index, Efficiency Effect, Neuron Webs, Math Lab.

## INTRODUCCIÒN

Actualmente vivimos en un mundo en el cual el ahorro de combustible es una necesidad prioritaria, la inestabilidad en los precios y la contaminación causada. El mundo ha desarrollado políticas de contención entre las cuales se incluye el incremento máximo de la eficiencia en el uso de todas las formas de energía. En el presente estudio se realizará el desarrollo de los aspectos preliminares, como es la situación problemática, la delimitación del problema y objeto, los objetivos de la investigación, el campo de acción y la justificación. La presente investigación tiene como finalidad evaluar el índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo en el año 2015, y proceder con el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible.

Se plantea el problema con su contextualización, análisis crítico, pronóstico, control de la pronóstico, delimitación temporal y espacial, formulación del problema, justificación y significación, interés, utilidad teórica, práctica y metodológica, novedad científica, factibilidad, relevancia social. Se formulan los objetivos generales y específicos y el enfoque de la investigación.

El informe de investigación está compuesto de cuatro capítulos:

En el primer capítulo se establece el diagnóstico y estudio de la data histórica, se describe el consumo de combustible por recorrido correspondiente a cada vehículo del parque automotor, donde se determinó la existencia de datos alterados que no obedecen a los límites de control de operación eficiente de los vehículos, lo cual puede estar asociado al proceso de

recolección de la data, errores de almacenamiento o irregularidades de control del combustible.

En el segundo capítulo se determina el tipo de investigación que va a utilizarse previo estudio de los datos obtenidos los mismos que nos servirán para realizar la base de datos de la flota, la predicción de consumo de combustible, la generación de reportes, el módulo de actualización del modelo predictivo y poder realizar el módulo de interface usuario/sistema

En el tercer capítulo se establecieron los principios científico-técnicos para la concepción de una herramienta informática destinada a la predicción de consumo de combustible y recorrido del vehículo, lo cual constituye un elemento de control y planificación del parque automotor y de ayuda a la toma de decisiones para la ejecución del mantenimiento. Con el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible, sobre el ambiente de desarrollo del MatLab, que permite la predicción y contraste del consumo de combustible y recorrido del parque automotor en estudio, mejorando la gestión, uso y administración de los recursos.

En el cuarto capítulo se puede determinar que realizado el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible, las Redes neuronales representan una excelente alternativa como método de predicción para comportamientos establecidos por un conjunto de datos que caracterizan la ocurrencia de un evento. Donde se desarrollan se desarrollaron diferentes pruebas de verificación y contraste y el error de la predicción no supero el 1,8 %, lo cual evidencia la representatividad de la respuesta de la RNA al consumo de combustible y recorrido realizado por el vehículo.

## **SITUACIÓN PROBLÉMICA**

Desde que fue inventado el vehículo se han realizado investigaciones conducentes a conocer el consumo de combustible necesario para la locomoción de los mismos.

La demanda de los diferentes tipos de hidrocarburos como petróleos crudos, gas natural y productos derivados es la que finalmente controla la oferta mundial en los mercados. Si la demanda es alta, la producción también es alta y el precio de cada sustancia tiende a mantenerse estable o a subir si hay escases de determinado suministro.

En el Ecuador los recursos provenientes del petróleo produjeron crecimiento y provocaron distorsiones económicas, por ello el gobierno actual estabilizó la economía y promovió condiciones para un desarrollo compatible con las difíciles condiciones, particularmente del sector externo de la economía.

El actual precio del combustible hace que la partida destinada a la compra del mismo suponga cada vez un desembolso más importante para las instituciones, por lo que un ahorro en su consumo significaría una reducción importante en sus gastos. Es por esta razón que muchas empresas deciden crear e implementar un programa de eficiencia de combustible.

El agotamiento de los combustibles fósiles cambiara abruptamente el modelo energético y el estilo de vida de muchos países del mundo y en particular de quienes lo habitamos. Por cuanto a los actuales niveles de consumo llegará el momento en el cual la producción de petróleo en el país no podrá satisfacer la demanda de combustibles de la población.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo, tiene un parque automotor que consta de vehículos tipo liviano (30 jeep Suzuki sz, 45 camionetas Dmax doble cabina), vehículo tipo pesado (10 volquetas HINO FS doble eje, 15 volquetas HINO GD eje sencillo, 10 camiones MITSUBISHI CANTER 3.5 toneladas) y maquinaria agrícola (6 motoniveladoras NEW HOLLAND, 6 tractores oruga KOMATSU D65, 6 rodillos KOMATSU 65B).

Es el tercer parque automotor municipal más grande del Ecuador después de Quito y Guayaquil respectivamente. Dicha maquinaria es utilizada y distribuida por la dirección de Obras Públicas, hacia las parroquias urbanas, rurales y recintos del cantón de Santo Domingo de los Tsáchilas mediante órdenes de trabajo que son generadas por la Dirección Administrativa.

El cabildo posee un taller municipal ubicado en la Av. Quito y Río Tanty con una extensión de 35000 m<sup>2</sup>, el mismo que se encuentra equipado con 4 elevadores marca Lunch para vehículos livianos y dos elevadores R FERRI para el equipo pesado y maquinaria agrícola.

El mantenimiento de este parque automotor se lo hace de una manera desordenada y a criterio de los señores mecánicos o conductores no existen políticas fijas para el cambio de aceite de motor, revisión de frenos, ABC de motor, cambio de bandas de distribución, chequeo de suspensión estos siendo los mantenimientos más recurrentes en el parque automotor. No se lleva hojas de control ni libros de vida de cada uno de los equipos, lo que se está usando actualmente son hojas de Excel las mismas que no son tabuladas ni llevan una secuencia lógica.

Mediante reunión de pleno del Consejo con fecha 22 de abril de 2012 se establece un cupo de combustible diario para cada uno de los tipos de vehículos quedando de la siguiente manera vehículos livianos camionetas- jeep 5 galones, volquetas doble eje 20 galones, volquetas de eje simple 12 galones, camiones canter 6 galones, motoniveladoras, tractores y rodillos 25 galones.

Determinando que el índice de consumo de combustible de los vehículos incide en la eficacia del parque consumo de combustible del parque automotor del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Santo Domingo, surge la necesidad de diseñar un sistema de control automatizado, que disminuya el consumo de combustible aumentando la eficiencia de los vehículos.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El Ecuador es, actualmente, autosuficiente en términos totales de energía, lo que le permite exportar sus excedentes energéticos. Sin embargo, el país es también importador de energía secundaria, principalmente de diésel, gasolina, naftas y gas licuado de petróleo. Esto se refleja en un índice decreciente de suficiencia de energía secundaria, lo que significa que cada año el país importa una mayor cantidad de derivados de petróleo para suplir su demanda.

La importancia de poder predecir este índice energético antes mencionado es de vital importancia para la asistencia en la toma de decisiones con antelación y planificación para la compra de combustible.

Todos los Gobiernos Municipales Descentralizados vienen utilizando sistemas automatizados para llevar el control de los mantenimientos y consumo de combustible de sus flotas de vehículos. De esta manera tiene grandes ahorros de dinero y aumentando la fiabilidad de sus flotas, a esto se debe agregar la disminución de gases contaminantes como monóxido de carbono, hidrocarburos, óxido de nitrógeno y plomo al medio ambiente.

### **OBJETO DE ESTUDIO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El objeto de estudio de la presente investigación es el parque automotor del Gad Municipal de Santo Domingo y como campo de acción la eficacia energética para la gestión del uso de combustible. Donde el problema de investigación se formula a partir de la siguiente interrogante

¿Mediante el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible es posible la reducción del índice de consumo de combustible por la incidencia en la eficacia del parque automotor del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal durante el año 2015?

### **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la eficacia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo a partir del índice de consumo de combustible de sus vehículos y permita el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo para el monitoreo y control de la eficacia en el uso de combustible.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el estado del parque automotor del Gobierno Autónomo Municipal de Santo Domingo utilizado para las distintas labores.
- Diagnosticar el consumo de combustible en los vehículos existentes en el Municipio de Santo Domingo
- Diseñar un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible.

## **HIPÓTESIS**

Si se establecen las causas del consumo de combustible y los bajos índices de eficiencia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo se podrá diseñar un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible en la entidad.

## **ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El alcance de la presente investigación abarca la evaluación de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor del Gad Municipal de Santo Domingo, para de esta forma establecer un punto de partida para el consumo de combustible a través de una propuesta de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso del combustible.

## **SISTEMA DE TAREAS**



Este trabajo de investigación se desarrollara con las siguientes modalidades; bibliográfica-documental y experimental, que a continuación se detalla:

- **Bibliográfica- documental**

Como lo establece (Garcés Paz H, 2000, pág. 70), la investigación bibliográfica “es investigar en los libros con el objeto de obtener un nuevo resultado, dar respuesta alguna pregunta”, se ha previsto, apoyarse principalmente de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos sobre el tema.

- **Experimental**

Como lo establece (Ramírez González, 2003, pág. 47), la investigación experimental “permite establecer causación o relación de causa y efecto de un fenómeno a través de procedimientos controlados donde se manipulan y controlan las variables que ejercen incidencia sobre el fenómeno, se tiene control sobre el tratamiento en estudio”. En este proyecto se medirán los parámetros de consumo de combustible ,la eficiencia del uso del combustible, que tendrán incidencia en la evaluación del índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo en el año 2015.

- **Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación**

Este proyecto de investigación, diseña un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso del combustible, tiene un enfoque cuantitativo, ya que nos

permitirá una reducción del consumo de combustible, y por consiguiente una disminución de las emisiones de dióxido de carbono.

- **Nivel de investigación**

Teniendo en cuenta las acciones claves del objetivo general y los objetivos específicos, se puede decir que esta investigación alcanza hasta el nivel comprensivo propositivo al evaluar al consumo de combustible de los vehículos del parque automotor.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO CONTEXTUAL TEÓRICO**

En los inicios de los vehículos de combustión interna a gasolina ciclo OTTO quien permitía la mezcla correcta de los componentes que necesitaba el motor a gasolina y aire fue el carburador el mismo que permitía también controlar a voluntad la velocidad con la que operaba el motor, con el tiempo el carburador evoluciona y se le añade varios dispositivos para optimizar su funcionamiento llegando a su forma definitiva en la década de los 70 del siglo pasado, donde los principales fabricantes de automóviles se dan cuenta que ha llegado a su máximo desarrollo y que necesitan incrementar la eficiencia.

### **1.1. ANTECEDENTES DEL OBJETO DE ESTUDIO**

Alonso (2013) Los vehículos automóviles actuales adoptan una estructura y disposición de los componentes electromecánicos, que es peculiar en cada modelo y fabricante, aunque en lo esencial de sus mecanismos difieren poco. Básicamente un automóvil está constituido por una carrocería a la que se le acopla el grupo moto propulsor, el sistema de frenos, la suspensión, la dirección, el equipo eléctrico y los sistemas auxiliares. Los motores en los automóviles son de tipo de combustión interna tanto a gasolina como diésel, debiendo mencionar que existen vehículos eléctricos e híbridos.

Por ello con el objetivo de aprovechar todas las mecánicas del automóvil apareció un instrumento llamado inyección mono punto el mismo que es colocado en el sitio del carburador manteniendo el mismo colector de admisión en lugar de pulverizar por depresión, es el inyector quien pulveriza la cantidad adecuada en función de las revoluciones y del

comportamiento del acelerador, de esta manera se añadió eficiencia al motor más no potencia.

Con lo expuesto anteriormente se introduce un nuevo sistema de alimentación a los vehículos en el cual se podrá tener mayor eficiencia y potencia siendo la respuesta a todos los requerimientos la inyección multipunto, cada cilindro utiliza una válvula de inyección que pulveriza el combustible antes de la válvula de admisión del motor, para que el combustible pulverizado se mezcle con el aire produciendo la mezcla que resultará de la combustión, para obtener una perfecta distribución del combustible sin pérdidas por condensación.

El índice de consumo de combustible como su incidencia en la eficacia ya no depende solamente de los avances tecnológicos en el vehículo como en su sistema de alimentación, apertura de válvulas, entre otros. Se determina la necesidad de controlar los consumos por los vehículos, mantener un registro histórico de la información de consumos que sea confiable bajo diferentes conceptos como tipo de vehículo, tipo de combustible, además tener un registro de los vehículos que consumen combustible.

OPENDAT (2012) muestra el sistema de control de combustible (SCC), que tiene como misión incrementar la eficacia y eficiencia en la administración de la información asociada a los consumos de combustibles de los vehículos y maquinaria que prestan servicio a una determinada empresa, esta funcionalidad es la que permite definir y mantener toda la información de referencia para el sistema, vehículos, centros de costo, tipos de vehículo, flotas, combustibles, lugares geográficos de control, estaciones de servicio, surtidores de combustible y tipos de gasto asociados al combustible.

Por ello el presente trabajo permitirá la consulta de base de datos, tanto de consumos históricos, como la información semanal, mensual o anual de toda una flota

Vásquez Freire (2009) considera que para el propietario de un vehículo es muy imprescindible, que el mismo se encuentre en condiciones óptimas de trabajo, pero ya a la hora misma de pagar el consumo de combustible es donde resultan problemas o inseguridad de si la cantidad de combustible que está consumiendo el vehículo es la correcta, o si hay un consumo excesivo de combustible o fugas no visible del mismo.

Por lo mencionado anteriormente resulta la necesita de llevar un registro exacto de combustible, para poder determinar cuánto combustible consume el vehículo en condiciones normales, para posteriormente actuar, en caso de existir una fuga del mismo. Además el control de este factor nos permitirá tener un seguimiento preliminar del estado de los sistemas de combustible y constituirá un componente favorable eficaz para controlar el manejo o suministro de combustible en el vehículo o también una flota vehicular.

La producción de investigaciones orientadas a la evaluación del índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia no es un tema que se haya sido estudiado abundantemente, además, se puede observar que aquellas relacionadas con la obtención de modelos se excluyen variables explicativas importantes como son: ruta de viaje con curvas, pendientes, vehículos con remolque (Pérez et al.2010), así como también se excluyen la antigüedad del vehículo, las técnicas de conducción y curvatura del camino (Posada, 2012).

Así mismo se han encontrado desviaciones entre las predicciones de algunos de estos modelos tipo HDM (Highway Development and Management) y los resultados reales

(Altamira, 2003). Por la complejidad en la que se encuentra el objeto de estudio, los modelos desarrollados tienden a considerar una sola variable explicativa y se obtienen condiciones controladas, que difícilmente pueden mantenerse en la operación de una flota vehicular.

A continuación se resume lo más relevante como resultado de la revisión bibliográfica:

- Nivel técnico-económico de competencia del operador en la conducción del vehículo. De acuerdo a una investigación realizada empleando diseño de experimentos, se demostró que mejoraba un 22.5% el rendimiento operando el motor solo un 7% de tiempo sin actividad alguna (mínima), maximizando el tiempo en velocidad crucero (velocidad constante) en 24% y el 20% del tiempo en el máximo cambio. (Correa, Cogollo y Salazar, 2010)
- Características mecánicas de la unidad. La selección del tren motriz (motor, transmisión, diferencial, llantas, y embrague) en las unidades de autotransporte que incide de manera importante en el desempeño de la misma y por tanto en la economía del combustible. (Rafael, Cervantes y Lozano, 2010).
- Condiciones de operación. Este rubro concierne, a tipo de ruta, dimensiones de la carga transportada, políticas de mantenimiento, tiempo de ciclo del servicio y antigüedad de la flota. (Rafael, Sánchez y Guzmán, 1995).
- Condiciones ambientales. Factores como el clima y flujo de tránsito en la carretera inciden en el rendimiento de combustible. A manera de ejemplo, se tiene determinado que el viento en contra aumenta el consumo por efectos aerodinámicos hasta un 8% con viento de 18 km/h y hasta un 18% con viento de 36 km/h en un vehículo con deflectores en cabina. Una bajada de temperatura atmosférica de unos 10o C aumenta el consumo alrededor de 4 %.(IDEA, 2005).

Para la investigación se utilizarán fuentes principales como es el caso de documentos y secundarias en el caso de libros, revistas, periódicos y otras publicaciones. Además se utilizará la metodología experimental ya que mediante un diagrama causa – efecto se relacionan las variables dependientes e independientes que se presentan en el trabajo de investigación.

Para la presente investigación se analizará el índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor lo que permitirá el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible.

## **1.2. ARGUMENTACIÓN TEÓRICA**

En la constitución de la República del Ecuador existen leyes y reglamentos que aseguran la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica. Donde el Estado Ecuatoriano fomenta la disminución de la contaminación ambiental producida por el uso inapropiado y mal manejo de combustibles fósiles.

Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017

Objetivos Nacionales del Buen Vivir

Objetivo 11: Asegurar la Soberanía y Eficiencia de los Sectores Estratégicos para la Transformación Industrial y Tecnológica

11.1. Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad.

- a. Generar alternativas, fortalecer la planificación e implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares y las industrias, para modificar los patrones de consumo energético, con criterios de eficiencia y sustentabilidad.
- b. Contabilizar el agotamiento de los recursos energéticos no renovables e internalizar costos económicos y ambientales de su extracción, producción y consumo.

En el Plan del Buen Vivir para los años comprendidos entre el 2013 y el 2017, el estado ecuatoriano promueve que se regule el uso de combustibles fósiles aplicando principios de precaución, prevención, y eficiencia sin afectar la calidad de sus servicios y de esta manera cuidar el medio ambiente y también a unos de los recursos no renovables de mayor exportación como el petróleo sin olvidar que importa cantidades similares en derivados como naftas y diesel en diferencias presentaciones.

Constitución de la República del Ecuador

Título VII: Régimen del Buen Vivir

Capítulo Segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección Quinta

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. Las energías deben ser aprovechadas en la mayor cantidad posible ya que esto mantendrá por mayor tiempo un medio ambiente más apto para el asentamiento humano presente como futuras generaciones



En el Plan Nacional del Buen Vivir para los años entre 2013 y 2017, el estado ecuatoriano promueve una eficiencia energética en todas las energías que se utilicen para de esta manera controlar los recursos renovables y no renovables en especial este último donde se encuentra el petróleo, cuyo porcentaje de aprovechamiento de sus derivados es muy bajo por las carencias de políticas de control y monitoreo de la eficiencia en el uso de los combustibles.

### **1.3. EFICIENCIA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Es muy importante darse cuenta de que hay muchos factores de los que depende el consumo de combustible y se debe tener en cuenta cada uno de ellos ya que de esta manera se estaría ahorrando gran cantidad de dinero y obtener buenos resultados. La tarea de la eficiencia de combustible necesita ser gestionada de forma estructurada y supervisada. El diseño de un sistema automatizado para la gestión de la eficiencia en el uso del combustible abarca muchos aspectos, pero se centra en el combustible el recurso más cotizado, por eso el programa mantendrá un registro de las existencias y un control del consumo que se han hecho del mismo.

El sistema automatizado de la gestión de la eficiencia en el uso del combustible tiene que cubrir las siguientes fases: selección, adquisición, almacenamiento y control.

#### **1.3.1. Factores que afectan el consumo de combustible**

Cuando se va implementar el sistema automatizado de gestión de la eficiencia del combustible es importante conocer los principales factores de los que depende el consumo. Algunos de los factores no es posible controlarlos, pero es necesario entender las consecuencias que se tendrá sin embargo hay otros factores que se si se puede controlar o

incidir como los conductores, el vehículo, la carga, las condiciones del tráfico y las condiciones atmosféricas.

### **1.3.2. Los conductores como afectan al consumo de combustible**

El factor que más influye en el consumo de combustible es el personal que los opera por ser los responsables directos del uso de los vehículos, por tanto entender y modificar sus actividades diarias es una de las prioridades para que este sistema automatizado funcione correctamente. Por ello una formación selectiva de los conductores en cursos de conducción eficiente y segura garantizará una mejora a corto plazo el consumo y economizará dinero.

### **1.3.3. Los vehículos como influyen en el consumo de combustible**

El segundo factor más importante son los vehículos. Siendo las características más importantes a tener en cuenta las siguientes:

- Especificaciones del vehículo, el tipo de combustible, el peso, el tamaño, las especificaciones técnicas.
- Los años de explotación del vehículo: la relación entre kilómetros por litro y la edad del vehículo varía de un modelo a otro, tomando en cuenta que es normal que disminuya con la edad.
- Condiciones del vehículo: aquí se necesita saber el estado en el que se encuentran los neumáticos, los ejes la transmisión entre otros conjuntos mecánicos del vehículo.

- Equipamiento y productos utilizados: otro de los factores preponderantes para el presente estudio es el uso del aire acondicionado en vista que este activa un pequeño motor que influye en el consumo de combustible, lubricantes, equipos telemáticos, etc.

La selección adecuada de los nuevos vehículos es fundamental a medio plazo para la realización adecuada de los servicios con mínimo consumo energético y mínimas emisiones (Alcantar Ruiz, R.A et al)

#### **1.3.4. Antigüedad de la flota**

De acuerdo a una investigación realizada por el Instituto Mexicano del Transporte (Rafael, 2004), se obtuvieron datos reales de flotillas de empresas mexicanas de transporte de carga, concluyéndose que un vehículo nuevo por lo general recorre entre 10 000 y 35 000 km anuales, más que las unidades con mayor edad; además se observa lo siguiente: El ahorro de combustible varía entre 8 y 12% del gasto anual de combustibles por vehículo (aprox. 5 000 litros de diésel por año). El ahorro en mantenimiento varía entre el 32 y el 40% del monto anual. Esto representa el mayor beneficio observado. La disminución de los días de inmovilización por vehículo.

Sin embargo estos beneficios se reducen con la edad y el uso del vehículo, ya que una unidad antigua no resiste ningún costo de depreciación y amortización de deuda, en comparación con una nueva.

De acuerdo con la experiencia de empresas europeas, por cada peso ahorrado en términos de combustible se logra un ahorro de hasta cuatro pesos en los demás renglones

mencionados. Sin considerar la disminución del margen de utilidad cuando se tiene la unidad inmovilizada, en lugar de transportar flete.

### **1.3.5. La marcha en ralentí (diésel consumido en baja)**

La marcha en ralentí (el motor trabajando y el vehículo detenido) desperdicia combustible y dinero. Un tracto camión en ralentí consume más de 4.5 litros de combustible en una hora. Los largos periodos de marcha en ralentí dañan el motor. Los fabricantes recomiendan dejar operando el motor sólo tres minutos antes de apagarlo, para bajar su temperatura. Mantener un motor diésel frío en marcha ralentí durante una hora le produce tanto desgaste como el equivalente al manejar el vehículo por 4 o 5 horas a una velocidad de 90 km/hr (Treatise, 2005

### **1.3.6. Medición del consumo de combustible en el transporte de carga**

La carga que trasporta el vehículo también afecta el consumo de combustible. El peso total transportado es un factor crítico. Si un conductor organiza bien la carga, es posible que se ahorren viajes o necesiten menos vehículos para movilizarse. La carga no suele ser constante en el tiempo.

Otro factor importa en un vehículo con carga es la aerodinámica del vehículo, el área frontal de los vehículos es grande y no disponen de buenos diseños aerodinámicos por lo que es necesario tomar en cuenta mejoras.

Para este indicador se sugiere considerar los siguientes puntos (ACHEE, 2014):

El rendimiento es altamente dependiente del tipo de vehículo, por lo que los promedios para flotas completas a menudo no acusan situaciones que conviene entender detalladamente. Se recomienda hacer seguimiento por grupos de vehículos de características similares, por ejemplo marca, potencia de motor y antigüedad.

Las características de la operación ciertamente impactan consumos y rendimientos de combustible de manera que, aún para grupos de vehículos de similares características, estos indicadores solo son válidamente comparables cuando transportan cargas razonablemente equivalentes en peso sobre rutas similares, con proporciones parecidas de movimientos con carga y sin ella.

Es altamente recomendable que los reportes de litros de combustible consumidos sean registrados por viaje y validados con documentos emitidos por las estaciones de carga internas y/o externas. Además, deben ser conciliados contra reportes periódicos de las estaciones de carga.

En muchas empresas se ha demostrado que la mejor manera de asegurar precisión en los reportes de los litros de combustible ingresados a los vehículos es establecer la práctica de “tanque lleno”. Los vehículos siempre deben iniciar sus viajes con los estanques llenos y llenarlos nuevamente al momento de hacer sus rendiciones.

Generalmente este índice, es una medida de desempeño operativa con impacto en ámbitos distintos de la administración, tales como, evaluar la rentabilidad del viaje y evaluar el desempeño del operador.

El estándar de referencia para evaluar el consumo de combustible en las empresas transportistas se hace a través de las siguientes opciones:

Considerar el estándar propuesto por el fabricante de la unidad motriz, el cual es determinado bajo condiciones experimentales controladas, que son difíciles de replicar en el ámbito operativo de una empresa transportista, además las normas utilizadas en la evaluación son propias del país de procedencia del vehículo y no se tiene una periodicidad establecida para su actualización (Fuentes J, 2002).

Otro procedimiento sugerido para establecer un estándar del rendimiento de combustible es el análisis de los históricos de los factores de rendimiento de combustible, fijándose como valores objetivos de desempeño para todas las unidades que integran la flota (Rafael, 2002).

Otro procedimiento consiste en sólo cotejar el rendimiento de combustible calculado físicamente con el que se obtiene por “reseteo” de la computadora del motor. Cabe señalar que el reseteo consiste en descargar la información de la computadora del motor con información y métricos generados durante el viaje.

### **1.3.7. Las rutas y las condiciones del tráfico en el consumo de combustible**

El tipo de carretera y las condiciones de tráfico influyen considerablemente en la eficiencia en el uso de combustible. Rutas empinadas, lentas provocará que el consumo aumente considerablemente.

Como regla general mientras más veces el operador del vehículo tenga que cambiar de marcha, acelerar o frenar mayor será el consumo de combustible. Por ende el desempeño del

vehículo será muy diferente en una ciudad congestionada como la capital de nuestro país Quito o donde realizaremos el estudio Santo Domingo de los Tsáchilas.

Las variaciones del tráfico, incluso circulando por la misma ruta pueden ser considerables comparando si se conduce de noche o de día puede hacernos consumir menos o más combustible de lo establecido. Por ello para la solución de este factor es importante o se sugiere la implementación de aparatos telemáticos los cuáles nos evaluarán distancia más corta entre los dos puntos, presencia de tráfico en la ruta y nos evaluará la mejor ruta.

El parque automotor del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo envía su flota de vehículos pesados en tempranas horas de la mañana lo que ocasiona más tráfico de lo normal y contribuye al aumento de consumo de combustible.

El impacto de la carga y magnitud de la pendiente del camino por donde transitan las unidades destinadas al autotransporte, resultaron ser factores con alto impacto para modelar el consumo de combustible en una investigación realizada en Colombia, en esta investigación se aplicó el diseño de experimentos y el análisis de regresión múltiple. (Posada, 2012).

#### **1.3.8. Ruta de operación para el consumo de combustible**

El impacto de la carga y magnitud de la pendiente del camino por donde transitan las unidades destinadas al autotransporte, resultaron ser factores con alto impacto para modelar el consumo de combustible en una investigación realizada en Colombia, en esta investigación se aplicó el diseño de experimentos y el análisis de regresión múltiple. (Posada, 2012).

### **1.3.9. Tipos de combustibles**

Para dar marcha al sistema automatizado para la gestión de la eficiencia en el uso del combustible el punto de partida es el tipo de combustibles que son necesarios tener en inventarios y que son utilizados por la flota.

Para nuestro parque automotor se usa gasolina extra de 85 octanos y Diesel, por lo que una de las primeras cuestiones a tratar para reducir el consumo sería mejorar las tecnologías de los motores, reduciendo peso, mejorando la eficiencia del motor, usando combustibles en el caso del diésel con menor cantidad de azufre.

Hemos hablado en el mismo grupo de los motores de gasolina y diésel, si bien es cierto que los motores diésel emiten más  $\text{NO}_x$  y partículas que los motores de ciclo Otto o gasolina.

## **1.4. ETAPAS DE LA MEDICIÓN Y GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE**

Mientras mejor entendamos como afectan los factores antes mencionados con anterioridad en la eficiencia del combustible, más control tendremos sobre ellos. Por ello es útil crear e implementar un proceso de gestión para identificar los problemas que ocurren dentro de las operaciones que se realizan en el cabildo. Una vez identificadas las ineficiencias es posible actuar contra ellas, es importante que el proceso de gestión esté creado antes de introducir nuevas prácticas en las operaciones. Los pasos a seguir en el proceso del desarrollo de un sistema automatizado para la gestión de la eficiencia de combustible es selección de KPI o también llamados indicadores clave de rendimiento, toma de datos, revisión/evaluación y puntos de referencia, reportar datos y feedback, resultados, identificar e implementar estrategias de mejora y revisión de los objetivos.



## **1.5. SELECCIÓN DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA DEL COMBUSTIBLE**

El primer paso a la hora de medir la eficiencia es seleccionar los indicadores clave del rendimiento ya que estos proporcionan una base sólida para medir la eficacia de todo el parque automotor. Hay muchas áreas involucradas en la eficiencia del combustible que pueden controlarse mediante los indicadores de eficiencia.

Los indicadores de eficiencia necesitan ser sencillos y fácil de medir, y el personal involucrado en ello necesita ver los valores reales cuando controlan los niveles de combustible, si están ocupados tomando demasiados datos individuales es muy probable que pierdan de vista el propósito del sistema automatizado de la gestión de la eficiencia en el uso de combustible. Por ello los indicadores necesitan ser adecuados y fiables, deben proporcionar información que sea útil para mejorar la eficiencia no cayendo en error de recoger información por recogerla.

La información debe ser útil como medio de juzgar la eficiencia, los indicadores más fáciles son aquellos que la medida es sencilla y no está afectada por ningún otro factor, ya que tomar mediciones complicadas incluiría controles de la eficiencia de los vehículos. Por ello la manera más sencilla es simplemente tener en cuenta la gestión actual y buscar una mejora.

Donde las rutas, las cargas y los factores son lógicos puede ser posible establecer objetivos estándar por rutas, poniendo al mejor conductor para conseguir el objetivo, sin embargo aquí no se tendrá en cuenta los factores externos antes mencionados como el clima.

## **1.6. RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

La recolección de datos es parte esencial de la mejora de la gestión de la eficiencia de combustible ya que si los datos no se recogen correctamente todo el proceso tendrá una utilidad limitada.

Por ello para la recolección se recomienda los siguientes pasos.

- Instalación de un sistema para la recolección de datos
- Asegurar una recogida de datos
- Eliminar los datos erróneos
- Analizar e interpretar los datos

### **1.6.1. Posibles errores en la recolección de datos para el consumo de combustible**

Es posible que ocurran errores de vez en cuando tanto por parte de los equipos de medida como por parte de los operarios y es importante tener esto en cuenta a la hora de evaluar los resultados, una de las causas para el cometimiento de estos errores es la presión del trabajo por ello se recomienda que otra persona revise periódicamente la recogida de datos para descartar errores.

### **1.6.2. Errores de los equipos y sistemas**

Los ordenadores y la tecnología no siempre son una herramienta adecuada para recoger datos por lo que se les considera otro factor que puede incidir en la recolección de datos,

pero estos factores no son tenidos en cuenta por los equipos, por ello hay que conocer cuáles son los factores y tenerlos en cuenta cuando se revisan los datos.

Otros problemas son ocasionados al momento de recoger información de los surtidores de combustible, la principal razón para esto es que los tanques propios no tienen que adaptarse a los estándares que se exige a los tanques de una estación de servicio. En el caso del Gobierno Municipal se tiene varios tanques propios y tiene varias medidas por lo tanto los datos pueden variar dependiendo el tanque usado. Por lo que se recomienda una calibración de tanque al menos una vez por año aunque lo más adecuado sería una vez cada seis meses.

De vez en cuando los equipos se estropean por ello es recomendable tener un plan de incidencia para recoger datos mientras se está reparando la avería. Esto puede hacerse en forma de recogida manual de datos o no teniendo en cuenta ese periodo a la hora de analizar los datos.

### **1.6.3. Errores debido al operario**

Estos errores pueden ser fácilmente por descuidos o prisas. Los errores más comunes incluyen lecturas incorrectas de los datos del odómetro en el sistema de control de combustible, no grabar la información recogida o como no cargar combustible al final de una jornada de trabajo.

### **1.6.4. Revisión, evaluación de datos**

Como se mencionó anteriormente debe haber un proceso continuo de recolección de datos para poder crear un gráfico detallado, en función del periodo revisado, pueden ser gráficos

semanales, mensuales o anuales, el análisis de los datos recogidos puede necesitarse bastante tiempo y requerir un cierto grado de conocimiento, por ellos los sistemas de eficiencia de combustible deben estar preparados para dedicar tiempo a este proceso, ya que el cabildo se beneficiará del proceso de análisis. Para la evaluación y revisión de datos pueden utilizarse los siguientes formularios: excepciones, análisis detallado mensual, informe resumido por vehículos o la tabla comparativa entre vehículos.

## **1.7. ANÁLISIS MENSUAL DETALLADO**

Identificado un error, los datos tomados para ese vehículo deben ser comprobados en detalle, por ello es aconsejable tener en una hoja en la que se muestre los abastecimientos de combustible y poder revisarlos.

En nuestro caso los datos son tomados manualmente por lo que estos datos están detallados. La mayoría de los sistemas electrónicos también nos pueden dar este tipo de datos históricos por ello debemos asegurarnos de conservarlos.

### **1.7.1. Resumen por grupo de vehículos**

En un simple análisis por grupo de vehículos realizado de manera mensual. Los vehículos figuran en un ranking de mejor a peor de acuerdo con los consumos de cada uno para tener esta información debemos procurar siempre saber porque cada vehículo se ha comportado mejor o peor que la media, buscar el modo de conseguir mejores resultados del vehículo y del conductor, intercambiar conductores, vehículos y rutas para ver los efectos que tienen sobre el consumo de combustible esto nos ayudará a determinar si es el vehículo o el conductor el responsable del exceso de consumo de combustible.

### **1.7.2. Ranking de los conductores**

Si se decide hacer un ranking de conductores es necesario hacerlo con cuidado ya que esto puede ocasionar muchas críticas debido a que muchas variaciones de consumo están fuera del control de los conductores.

Por esta razón es necesario realizar tablas que permitan conocer los factores de consumo que están fuera de control de los conductores, como las rutas, la carga, las condiciones meteorológicas, sin embargo la forma más adecuada de hacerlo es mediante dispositivos satelitales ubicados en cada uno de los vehículos.

Realizadas las tablas y teniendo una descripción correcta del perfil del conductor, se puede poner de manifiesto los peores resultados y considerar la decisión a tomar.

### **1.7.3. Buenos y malos registros**

Analizando los datos tomados se podrán identificar los conductores con mejores y peores registros durante el periodo estudiado, una vez identificados los factores hay que identificar las causas subyacentes.

La combinación de vehículos, conductores y trabajo puede ser considerado como un camino para confirmar el diagnóstico, si el vehículo es la causa hay que intentar identificar una variación significativa entre el mejor y el peor, como el tipo de vehículo, antigüedad, historial de servicio entre otros factores.

Luego de lo cual se debe decidir si las diferencias pueden ser eliminadas o si los vehículos con peores resultados tienen defectos ocultos que hay que investigar, cuando se han analizado todos los factores y se han dado todos los pasos necesarios, el mejor consejo es usar el vehículo que gasta menos. Este proceso se conoce como análisis efectivo.

## **1.8. TIPOS DE VEHÍCULOS**

En la actualidad en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo existen vehículos a gasolina y diésel los cuáles describiremos a continuación con cada una de sus características.

### **1.8.1. Características de los vehículos que existen**

El Gobierno Autónomo cuenta con una flota de 18 vehículos livianos tipo Jeep el 73 % de ellos son completamente nuevos y cuatro han sido explotados durante 4 años y se encuentran en estado bueno, la marca predominante es Chevrolet Suzuki, un vehículo marca Ford y otro marca Toyota.

## **1.9. REDES NEURONALES**

Las Redes de Neuronas Artificiales (RNA) son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas que colaboran entre sí para producir un estímulo de salida (Mitchel, 1997) .En inteligencia artificial es frecuente referirse a ellas como redes de neuronas o redes neuronales. En el presente trabajo se propone un sistema automatizado

para la gestión de la eficiencia en el uso del combustible para determinar de manera precisa la cantidad de combustible necesaria considerando las características del parque automotor del GAD municipal de Santo Domingo.

Las interpolaciones, extrapolaciones y cualquier método de aproximación similar, no permiten conocer con precisión cuál será la demanda futura del combustible. En cambio un sistema que disponga de un algoritmo específico para el cálculo si lo haría, de manera anticipada, fiable y veraz, y con un error de cálculo mínimo y factible gracias la gran confiabilidad que presenta un sistema que integre redes neuronales artificiales.

## **1.10. CONCEPCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LA EFICIENCIA EN EL USO DE COMBUSTIBLE**

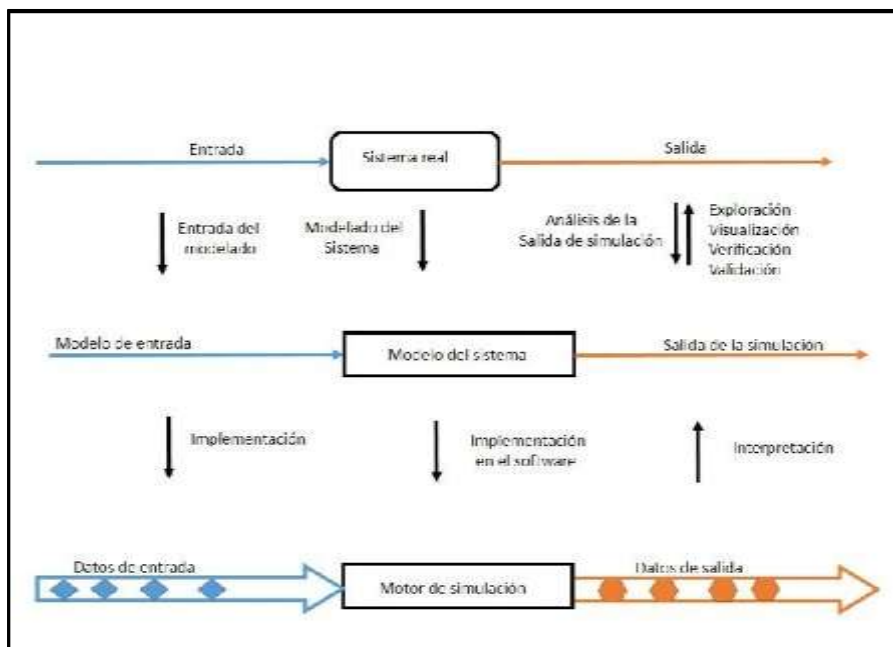
### **1.10.1. Descripción de los principios para la simulación de un ambiente productivo empresarial**

Se considera simulación por computadora a la realización de un modelo de un sistema real o no por medio de un software. La simulación surge como una alternativa a las técnicas de análisis para los modelos matemáticos – analíticos, los que suelen ser demasiado abstractos en lo que a características del sistema y la necesidad de sistemas reales experimentales se refiere, estos suelen ser muy costosos.

La simulación sirve como un complemento a la aproximación de modelación matemática-analítica, en casos donde el sistema real no existe, de modo que las medidas no pueden aplicarse, y una abstracción realista de la conducta del sistema real hipotético no puede ser

expresada o analíticamente evaluada. Sobre el otro extremo, complementa las mediciones si ellas son demasiado costosas, dañinas, inapropiadas o imposibles.

Para entender la operación del sistema real, para evaluar su performance, para seleccionar y sintonizar parámetros de diseño, para verificar y evaluar diseños, para comparar alternativas, etc., el analista está generalmente interesado en su conducta, es decir, en la salida que se genera basada en una cierta entrada. Como se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1. Simulación por computadora.**

Fuente: Arturo Falconí Borja

Para el desarrollo del software encargado de la simulación. La entrada al sistema real requiere una representación apropiada para o dentro del modelo del sistema. La entrada del sistema encargado de la simulación es llamada en la literatura entrada de la modelación.

El análisis de la salida obtenida del proceso de simulación comúnmente implica un estudio estadístico, además de la exploración de una gran cantidad de datos y su visualización, verificación y validación apropiadas. Lo que es llamado análisis de la salida de simulación.



Generalmente, un motor de simulación o programa de simulación está implementado tomando datos de entrada para activar la ejecución, y para la generación de los datos de salida para ser interpretados como la salida de la simulación.

### **1.10.2. Ventajas y desventajas de la simulación por computadora**

Melao, 2001; Hlupic and Vreede, 2005; Vreede, 1998; Paul et al, 1998; Vreede and Verbraeck, 1996; Pedgen et al, 1995; Sierhuis et al, 2003; Giaglis, 1999; Levas et al, 1995, plantean lo siguiente:

La simulación de modelos, tanto de negocios o de procesos de ingeniería, posee una gran importancia. Además se recomienda su empleo, por su alto nivel de utilidad, en los escenarios siguientes:

1. La naturaleza estocástica de los procesos de negocio los acontecimientos que provocan actividades ocurren estocásticamente. Determinando los modelos matemáticos que definen esta naturaleza aleatoria e introduciéndolos en los modelos de simulación, se puede estudiar el comportamiento del proceso “what if”.
2. La simulación de modelos describe los procesos en el sistema de organización con símbolos gráficos, como hacen los modelos estáticos, y proporcionan la información cuantitativa sobre estos procesos.
3. Las interdependencias complejas entre las actividades y los recursos en el proceso, que conducen a cambios dinámicos del proceso, pueden ser analizadas mediante la simulación.

4. Los procesos de negocios consisten en flujos complejos de actividades, que se pueden entender mucho mejor por su representación visual y dinámica. Los modelos dinámicos ofrecen más oportunidades para evaluar los procesos de negocio.
5. Además de evaluar procesos, la simulación también apoya la evaluación cuantitativa de las distintas alternativas antes de su implementación: las métricas del proceso cuantitativo, que se pueden tratar con la simulación, incluyen (pero no se limitan) los costes, el tiempo de ciclo, y la utilización del recurso. Esta métrica también constituye la base para evaluar alternativas en el BPR (Business Process Reengineering).
6. Las alternativas para cambiar los procesos de negocio son arriesgadas y costosas, así que los efectos del cambio tienen que ser medidos con exactitud tanto como sea posible. Por lo tanto, la simulación permite analizar diferentes escenarios “what if” sin necesidad de llevar a cabo la implantación de estos cambios en los procesos, siendo más barato, más seguro y más rápido convertir y experimentar con un modelo computarizado que interrumpiendo el del mundo real.
7. Las características interactivas visuales de muchos paquetes de simulación permiten a los miembros de un equipo multidisciplinario entender el modelo y comunicarse con él.
8. La simulación de los modelos puede utilizar distribuciones estadísticas, estándares y no estándares, permitiendo que los datos reales (recogidos en el sistema que está siendo modelado) sean utilizados para los experimentos, dando lugar a que los resultados obtenidos de los modelos sean más realistas.
9. Las herramientas de modelado y de simulación proporcionan además un ámbito estructural en el cual se puede entender, analizar y mejorar los procesos de negocio.

La simulación asistida por computadora presenta ciertas desventajas:

1. Los resultados numéricos obtenidos se basan en el conjunto específico de números aleatorios, cuyos valores corresponden a sólo uno de los resultados posibles. Por tanto, los valores finales reportados en una simulación son sólo estimaciones de los valores reales que está buscando.
2. Para obtener estimaciones más exactas y para minimizar la probabilidad de tomar una mala decisión, usted debería:
  - a. Hacer un gran número de ensayos en cada simulación y/o repetir toda la simulación un gran número de veces. Para problemas más complejos, un gran número de repeticiones puede requerir cantidades significativas de tiempo de cómputo.
3. Cada simulación requiere su propio diseño especial para imitar el argumento real bajo investigación y su propio programa de computadora asociado. Aunque es posible aprender y usar paquetes de software especializados, el esfuerzo de desarrollo en el diseño y programación de simulaciones del mundo real es extremadamente tardado.
4. Siempre quedarán variables por fuera que, si hay mala suerte, pueden cambiar completamente los resultados en la vida real que la simulación no previó en ingeniería se "minimizan riesgos, no se evitan".
5. Como resultado de estas desventajas, usted debería intentar resolver su problema usando técnicas analíticas siempre que sea posible. Hacer esto requiere menos esfuerzo y da como resultado respuestas exactas en vez de estimaciones.

Para muchas organizaciones, los costos son una medida clave del funcionamiento de un negocio, siendo utilizados para controlar y mejorar los procesos de negocio, y como criterio en el apoyo de la toma de decisiones en todos los niveles. Los métodos de asignación de costes, tanto los métodos tradicionales como el Activity Based Costing (ABC), pueden ser incorporados a las herramientas de simulación de procesos de negocio para apoyar esa toma de decisiones (Barber et al, 2005).

La simulación de los efectos de procesos rediseñados antes de su puesta en práctica aumenta las posibilidades de conseguir mejoras en los procesos en la primera tentativa. Si la herramienta proporciona además características como modelos interactivos, animados o visuales de la simulación, variedad de informes de ejecución y gráficos, ayudará a mostrar las ventajas para la aprobación de los cambios en el proceso de negocio (Hlupic and Vreede, 2005).

Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, el modelado del proceso es a menudo una tarea que ocupa un largo período de tiempo, provocando que los proyectos de simulación puedan ser costosos, así como también las herramientas profesionales de simulación. Si además los modelos tienen que estar contruidos por expertos en simulación, se incrementa el coste, por lo que la simulación no es siempre la mejor elección dentro de la gestión de procesos de negocio (Hlupic and Vreede, 2005).

### **1.10.3. Análisis de las características en las herramientas de simulación de procesos**

Muchos autores han propuesto requisitos para las herramientas de modelado de procesos de negocio, o incluso han probado esos requisitos empíricamente Jansen- Vullers and Netjes, 2006). Law y Kelton describen las características deseables del software para la selección de una herramienta general orientada a la simulación. Identifican los siguientes grupos de características:

- Capacidades generales, incluyendo la flexibilidad de modelado y la facilidad de empleo.
- Consideraciones del hardware y del software.
- La animación, incluyendo la animación del fallo, una biblioteca de iconos estándares, la velocidad de la animación regulable, y otras características de visualización.

- Capacidades estadísticas, incluyendo un generador de números al azar, distribuciones de probabilidad, reproducciones independientes (o réplicas), determinación del período crítico, y la especificación de las medidas de funcionamiento.
- Ayuda al cliente y documentación.
- Informes de ejecución y diagramas, incluyendo informes estándares para las medidas de funcionamiento estimadas, personalización de los informes, presentación del promedio, valores mínimos y máximos y desviación estándar, almacenamiento y exportación de los resultados, y una variedad de gráficos (estáticos) como histogramas, diagramas de tiempo, y gráficos circulares.

(Hall y Harmon, 2006) proporcionan también otras características como son la utilización de los datos en tiempo real, o la distribución de los modelos y de los resultados de la simulación en redes de la empresa.

Para determinar las características que serán analizadas en cada una de las herramientas que se estudian, se ha partido de las propuestas de Law y Kelton, 2000 y de Hall y Harmon, 2006. Además se han añadido otras características encontradas durante el análisis de las herramientas estudiadas. Dichas características se han agrupado en cuatro categorías: la técnica de modelado que soporta la herramienta, como base para el modelado de los procesos de negocio a simular; las capacidades de simulación, características a partir de las cuales se aprecian las propiedades de representación de la dinámica del modelo; las capacidades analíticas, que proporcionan las habilidades básicas de análisis de los resultados de la simulación; y las capacidades de divulgación, con las que se puede conocer la capacidad de la herramienta para compartir los modelos, datos, etc. Cada uno de estos grupos se descompone a su vez en características específicas que se describen a continuación.

## **1.11. TÉCNICA DE MODELADO**

### **1.11.1. Soporte de técnicas**

La técnica más popular, y que vamos a encontrar en un gran número de las herramientas de simulación, es la Simulación de Eventos Discretos. Esta popularidad entre las herramientas se debe a que los eventos discretos permiten a los usuarios introducir un alto nivel de precisión en el proceso de la simulación. Esto es posible porque proporciona la capacidad de simular el modelo de un proceso de negocio mientras se desarrolla en el tiempo, al estar definido más fácilmente como una serie de eventos discretos que como una incesante transformación.

Otras técnicas de modelado que también pueden soportar algunas de las herramientas y que se han descrito anteriormente, son por ejemplo Integrated Definition Methods (IDEF), Event-driven Process Chains (EPC) y Business Process Modeling Notation (BPMN), entre otras.

### **1.11.2. Capacidades de Simulación**

#### **1.11.2.1. Módulo separado o no.**

La mayoría de las herramientas que modelan proporcionan una cierta forma de capacidad de simulación, bien como parte de la herramienta o como módulo separado o adicional disponible.

#### **1.11.2.2. Animación**

Algunas herramientas incluyen la animación dentro de la simulación. Esta característica permite a los usuarios ver la animación de una simulación mientras está en marcha para

observar cómo el proceso de negocio se ejecuta paso por paso. También le permite registrar las animaciones para una lectura posterior. Al reproducir después las animaciones registradas, el usuario puede detenerla, avanzar rápidamente, y rebobinar la animación, permitiendo a la herramienta una gran capacidad para analizar los procesos de negocio.

#### **1.11.2.3. Modificación en curso**

Hay ciertas herramientas que pueden soportar la recepción de datos en tiempo real, o interactuar con sistemas operacionales durante una simulación. Otras posibilidades son, por ejemplo, que los modelos se puedan alimentar entre ellos durante la simulación, o que las variables seleccionadas puedan ser modificadas durante la simulación.

#### **1.11.2.4. Análisis de ruta**

Las herramientas que permiten el análisis de ruta simulan un proceso de negocio sin tener en cuenta el entorno de trabajo en consideración. La asignación de ruta permite controlar el camino tomado por cada ítem de trabajo individual a través del modelo de simulación. De esta manera se puede controlar la asignación de la ruta, así como los ítems de trabajo.

Los resultados incluyen los detalles para cada ruta específica que se pueda elegir dentro del proceso. Además, usando análisis de ruta se puede determinar la ruta crítica del proceso. Los resultados de un análisis de ruta proporcionan una base para determinar los puntos débiles del proceso y ofrecen una visión global del proceso de negocio. El análisis de ruta crítica puede también ser observado continuamente durante la simulación.

#### **1.11.2.5.      Presentación de los resultados**

Algunas herramientas, además de permitir que los usuarios definan sus propios informes, proporcionan varios informes analíticos predefinidos. Estos informes predefinidos pueden ser personalizarlos por los usuarios dependiendo de sus necesidades específicas. Algunas herramientas apenas generan informes basados en texto estándar, pero otras pueden crear informes altamente gráficos y de representación en tiempo real, que son útiles para destacar el comportamiento dinámico del proceso de análisis.

#### **1.11.3.    Capacidades Analíticas**

##### **1.11.3.1.      Análisis de capacidad (carga de trabajo)**

Las características analíticas varían entre los distintos productos. En esta sección se examina la capacidad de un producto para permitir a los usuarios finales definir varias situaciones de negocio, y realizar la simulación de procesos para medir y para analizar tiempos, costes, recursos, rendimientos de proceso, capacidad, cuellos de botella, y actividades asociadas.

Tales análisis serán útiles para visualizar y validar procesos, descubrir los problemas, analizar los estados del proceso, y definir responsabilidades de organización. Son también útiles para diseñar y probar mejoras referentes a las asignaciones de recursos y a otros ámbitos.

##### **1.11.3.2.      Evaluación de los resultados y análisis estadísticos**

Las técnicas para aplicar análisis estadístico a los datos de la simulación varían entre los distintos productos. Algunas herramientas evalúan los resultados por medio de distribuciones



estadísticas como: normal, exponencial, y uniforme. Otras realizan comparaciones de los resultados del análisis y de la simulación para localizar los procesos críticos. Un método de análisis estadístico que llevan a cabo ciertas herramientas es el método de Montecarlo, que es un procedimiento matemático que nos permite simular un sistema cuyo comportamiento global se puede modelar mediante una distribución de probabilidad. Consiste en la repetición de ensayos independientes del experimento simulado de interés y la estimación de prestaciones promedio, permitiendo de esta manera evaluar el rendimiento promedio del sistema (Salvado Artells, 2004).

Existen también herramientas que ofrecen interfaces específicos para integrarse con avanzados paquetes de análisis estadístico de otros proveedores.

#### **1.11.3.3. ABC**

Algunas herramientas proporcionan métodos predefinidos para analizar los datos capturados durante la simulación, por ejemplo Activity-Based Costing (ABC), que permite a los usuarios aproximar la operación real de una situación y proporcionar un análisis predictivo.

#### **1.11.4. Capacidades de Divulgación**

##### **1.11.4.1. Importar/Exportar de/a otras herramientas de análisis**

La mayoría de las herramientas ofrecen la capacidad de exportar a hojas de cálculo (como por ejemplo Excel), y a otros programas y herramientas la información y los datos capturados durante la simulación para aprovechar su análisis.

Algunos productos proporcionan también capacidades que permiten leer los datos de los sistemas operacionales y de las bases de datos en tiempo real, para ser usados por la herramienta de simulación, bajo la forma de interfaces tales como Application Programming Interface (APIs) o Servicios Web (SOAP, etc.) entre otras. Tal funcionalidad es útil para probar y evaluar nuevas situaciones de procesos. La información de costes y de niveles de recursos son algunos de los datos que se pueden utilizar en tiempo real con las herramientas de simulación.

#### **1.11.4.2. Importar/Exportar en diferentes formatos de visualización**

Las herramientas permiten en cierto grado exportar los resultados y las estadísticas acumuladas de las simulaciones en diferentes formatos de visualización, tanto de texto como de imágenes (TXT, RTF, PDF, JPEG, etc.), para aprovechar sus capacidades de divulgación y publicación en las aplicaciones de Office (Word, PowerPoint, etc.) o en otras herramientas.

#### **1.11.4.3. Importar/Exportar a XML**

Toda la información estadística, como los tiempos, los costes, las probabilidades, las condiciones, etc., se pueden registrar y exportar vía Extensible Markup Language (XML) para su utilización en herramientas de simulación más especializadas. También existe la posibilidad de importar datos desde archivos XML.

#### **1.11.4.4. Compartir vía Web/red local los modelos de simulación y los datos**

Algunas herramientas también ofrecen la capacidad para distribuir la simulación de modelos y sus resultados a través de una red, por ejemplo a partir del formato HTML. Esta característica proporciona un número considerable de ventajas, incluyendo la capacidad de

distribuir un abanico de simulaciones (a través de la red) a diversos usuarios (una característica muy útil cuando se usa la simulación en sesiones de análisis por grupo).

#### **1.11.5. Modelos de Sistemas**

Básicamente, un modelo de sistema es una especificación del fenómeno presente en el sistema físico real (o al menos alguno de sus componentes) en términos de un conjunto de estados y eventos, en un nivel apropiado de abstracción o detalle. En su software de implementación (motor de simulación), los estados son usualmente realizados como variables de estado, cuyos valores definen el estado actual del sistema simulado, mientras que los eventos son usualmente componentes de software (frecuentemente llamados “procedimientos de eventos”) que cambian los valores de las variables de estado, indicando el cambio de estado del sistema.

Desde un punto de vista de la tecnología de software, realizar una simulación significa efectuar una “mímica” de la ocurrencia de los eventos de acuerdo a como ellos evolucionan, y reconociendo sus efectos representados por los estados.

La simulación, como un área de investigación y disciplina de ingeniería, ha establecido un espectro amplio de diferentes clases de modelos de sistemas. En las simulaciones de modelos de sistemas dinámicos la evolución de los estados del sistema es considerado en el tiempo, mientras que el tiempo no es una variable en una simulación de modelos de sistema estáticos. En las simulaciones orientadas al tiempo, la distinción primaria es con respecto a la métrica del tiempo y los parámetros de estado. El tiempo en los modelos de sistema de tiempo continuo, es considerado real, y el estado del sistema está definido en todo momento

(es decir, el número de marcas en los lugares de una Red de Petri). Un modelo de sistema de tiempo discreto implementa el tiempo como una variable discreta, y el estado del sistema está definido en los instantes de tiempo respectivos únicamente. En forma apropiada, las variables de estado tienen valores continuos en un modelo de sistema de estado continuo, y los valores enteros en un modelo de sistema de estado discreto.

Con respecto a la relación entrada-salida de una simulación podemos distinguir modelos de sistema determinístico donde la salida de simulación puede ser predicha con certeza, desde los modelos de sistema probabilísticos, donde una y la misma entrada puede producir salidas diferentes. Si la salida de simulación tiene una dependencia lineal de la entrada, la literatura habla de modelos de sistemas lineales y modelos de sistemas no lineales en los otros casos.

#### **1.11.5.1. Simuladores de Redes de Petri**

Se disponen de numerosas utilidades de simulación, con distintos alcances y funcionalidades. En general, son herramientas para el diseño, análisis y simulación de sistemas concurrentes y distribuidos. A causa de la complejidad de estos sistemas, es imposible usar técnicas ad hoc para obtener análisis cualitativo (corrección) y cuantitativo (performance). Las Redes de Petri Estocásticas Generalizadas son un formalismo que tiene la potencia necesaria para representar tales sistemas temporizados complejos, mientras que retienen la capacidad para realizar ambos tipos de análisis. Los GSPNs también tienen una representación gráfica conveniente. Usando este tipo de representación, los simuladores pueden permitirle al usuario:

- Crear y manipular interactivamente GSPNs,
- Formular modelos jerárquicos basados en subredes,
- Animar interactivamente el modelo resultante,
- Realizar análisis de corrección vía exploración del espacio de estado y análisis estructural.
- Realizar análisis de performance vía análisis Markoviano y simulación.

Los simuladores disponen, en realidad, de tres componentes principales: el editor de Red de Petri gráfico, el analizador y el simulador. De la revisión de los paquetes de Redes de Petri existentes, los editores modernos permiten al usuario crear y modificar una GSPN en un ambiente interactivo amigable e intuitivo. Algunas de las características de varios editores incluyen la selección y manipulación de elementos de Redes de Petri en grupos o individualmente, una barra de herramientas para operaciones frecuentemente usadas, y la capacidad para exportar la red.

Aparecen algunos problemas con los editores de Red de Petri existentes, cuando se necesita la especificación de sistemas complejos, que resultan en una muy gran GSPNs. Esto es a causa que no hay soporte para la modularidad o la reutilización de componentes. Por ello, los nuevos productos soportan unidades jerárquicas llamadas subredes para resolver este problema. Los niveles más altos ven a las subredes como cajas negras, y se comunican con ellos a través de puntos de interacción.

Alternativamente, puede recurrirse a formalismos para sistemas complejos usando simuladores específicos para Redes de Petri Coloreadas, o para las Redes de Petri FPQSPN.

El analizador de los paquetes existentes más elaborados provee análisis de corrección y performance. El análisis de corrección verifica las propiedades funcionales tales como la limitación, vivacidad, bloqueos mortales posibles, y la existencia de estados hogar. Habitualmente se usan dos técnicas para determinar la corrección funcional: el análisis invariante y la generación del grafo de alcance. El análisis invariante es una técnica basada estructuralmente que involucra la aplicación de álgebra lineal, en un algoritmo mínimo optimizado.

La generación del grafo de alcance involucra una exploración de todos los estados posibles alcanzables; el grafo de estado resultante es entonces analizado, usando la teoría de grafos general. El analizador también realiza un análisis temporal para estudiar la performance del sistema. Esto involucra la generación de la cadena de Markov subyacente a la Red de Petri para realizar un análisis Markoviano. Los resultados incluyen número promedio de marcas por lugar, distribución de las marcas total, probabilidades de habilitación de transiciones, rendimiento de las transiciones y la distribución de estado estable.

El análisis del estado estable es imposible para las redes ilimitadas, o con un espacio de estado muy grande. Se incluye entonces un simulador que involucra una ejecución paso a paso del modelo de Red de Petri., mientras registra información acerca de su conducta temporal. En cada paso, el estado es alterado para primero determinar las transiciones habilitadas, y luego disparando una transición de acuerdo a la distribución de probabilidad de disparo de las transiciones habilitadas. Los resultados de performance provistos por el simulador son: número promedio de marcas por lugar, rendimiento de transición y trazado de salida. Un gran número de disparos se requiere para construir un intervalo confiable para estos resultados.

### **1.11.5.2. Simuladores de Redes de Petri existentes**

En muy amplia la gama de simuladores, de libre disponibilidad y comerciales, con las siguientes características:

#### **1. Rango de Redes de Petri Soportadas**

- Redes de Petri de Alto Nivel
- Redes de Petri Temporizadas,
- Redes de Petri Orientadas a Objeto
- Redes de Petri Estocásticas
- Redes de Petri Lugar/Transición
- Redes de Petri Coloreadas
- Redes de Petri Bien Formadas
- Redes de Petri Estocásticas Generalizadas
- Redes de Petri Jerárquicas
- Redes de Petri FPQSPN, etc.

#### **2. Rango de Componentes Disponibles**

- Editor Gráfico
- Juego de Marcas
- Animación
- Simulación Rápida
- Análisis de Performance Simple
- Formato para intercambio de Archivos
- Espacio de Estados
- Invariantes de Lugar

- Invariantes de Transición
- Análisis Estructural
- Chequeo de Alcanzabilidad
- Chequeo de Bloqueo Mortal
- Análisis de Performance Avanzado
- Generación de Código

Sólo de forma ilustrativa, se pueden mencionar los siguientes productos:

ALPHA/Sim, Artifex, CPN Tools, Design/CPN, HPSim, JARP, Netlab, Opera, Petrigen, Petri NET, PetriSim, PIPE, StpnPlay, TimeNET, Visual Object Net ++, WinSim, entre otros.

#### **1.11.5.3. Modelado de Sistemas Híbridos mediante Redes de Petri Difusas y Redes Neuronales**

Uno de los esfuerzos más recientes y más intensos en la teoría de control se centra en el manejo de sistemas dinámicos que incluyen tanto al proceso continuo como a su mecanismo supervisor. La visión que se adopta en la tesis sobre los sistemas híbridos, es considerar los como la combinación de plantas continuas y plantas de eventos- discretos. Los sistemas híbridos han sido intensamente estudiados en los últimos años para establecer sus fundamentos matemáticos y su diseño ingenieril. Recientes resultados muestran que las técnicas de identificación con redes neuronales han sido muy efectivas para identificar una extensa clase de plantas continuas cuando no se tiene la información del modelo, o está incompleta. Por otro lado, las redes de Petri (RP) son extensamente utilizadas para sistemas de eventos-discretos. Las redes de Petri han sido desarrolladas para representar y analizar



en forma sencilla los sistemas de procesamiento de información que son caracterizados por ser concurrentes, asíncronos, distribuidos, paralelos, no-determinísticos, y/o estocásticos. Además, la aproximación con RP puede ser fácilmente combinada con otras técnicas y teorías; programación, teoría difusa, redes neuronales, etc.

Estas RP modificadas son ampliamente empleadas en computación, manufactura, robótica, sistemas basados en conocimiento, control de procesos, así como otros tipos de aplicaciones en ingeniería. (David and Alla, 1994; Hunt et al, 1992; Koo and Sastry, 1998; Lygeros et al, 1999)

Las RP poseen la cualidad de representar la lógica clásica de una manera intuitiva y visual. Muchos resultados prueban que las redes de Petri difusas (RPD) son apropiadas para la representación y el razonamiento de relaciones de implicación de lógica borrosa (Chen et al, 1990; Xiaoou et al, 2000; Looney, 1994; Scarpelli et al, 1996; Yeung and Tsang, 1998).

Es por estas razones, que en el modelado de sistemas híbridos se ha recurrido al uso de modelos basados en RP. Dividiendo al sistema híbrido en dos niveles: nivel lógico (supervisor) y el nivel de proceso continuo, la parte lógica puede ser modelada mediante la red de Petri difusa y la parte continua podría ser modelada por redes neuronales.

## **1.12. Conclusiones del capítulo**

Se determina que para realizar el estudio de eficiencia de los vehículos del parque automotor del GAD Municipal se debe revisar las características mecánicas de la unidad lo que pertenece al tren motriz como motor transmisión, diferencial, llantas y embrague, las

condiciones de operación en lo concerniente tipo de ruta, dimensiones de carga transportada, políticas de mantenimiento, tiempo de ciclo del servicio y antigüedad de la flota.

El clima y flujo de tránsito en la carretera inciden en el rendimiento del combustible, ya que se tiene determinado que el viento en contra aumenta el consumo por efectos aerodinámicos hasta un 8% con viento de 18km/h y hasta un 18% con viento de 36km/h y la bajada de temperatura atmosférica de unos 10 grados centígrados aumenta el consumo en un 4 %.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se establece la metodología, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, la población y muestra, los métodos y técnicas que se utilizaron, la operacionalización de las variables y el procedimiento de la investigación.

#### **2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación se evaluó el índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor, para diseñar un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso del combustible.

Este trabajo se lo realizó bajo la modalidad de campo, de carácter exploratorio, con nivel descriptivo explicativo.

#### **2.2. MODALIDAD DE CAMPO**

Se utilizó la investigación de campo ya que se realizaron medidas en el mismo sitio de abastecimiento de combustible y poder comparar con los obtenidos de la revisión bibliográfica y establecer causas y efectos, de tal manera que se pueda llegar a diseñar un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso del combustible, en el GAD Municipal de Santo Domingo.

### **2.3. MODALIDAD BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL**

Se utilizó la investigación bibliográfica para recopilar, organizar, valorar y sistematizar definiciones y teorías referentes al consumo de combustible y la eficiencia en el uso del mismo.

### **2.4. MODALIDAD PROYECTO FACTIBLE**

Con la finalidad de darle solución al problema planteado, el investigador empleó el método de proyecto factible, considerando que este método comprende el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible.

### **2.5. FORMA DE INVESTIGACIÓN**

En cuanto a forma de investigación, para el presente proyecto se consideró la investigación Aplicada, ya que se empieza desde una situación problemática que es el consumo de combustible, que inciden en la eficiencia del parque automotor, concluyendo con el diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso del combustible.

### **2.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se relacionó con la modalidad de campo, tipo exploratoria y nivel descriptivo, debido a que para su elaboración fue necesaria la medición de las variables en el mismo lugar, se procedió al levantamiento de los datos.

## 2.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se ha previsto utilizar los siguientes métodos:

- Combinación métodos inducción – deducción
- Método Experimental
- Método de Investigación

**Combinación métodos inducción – deducción.** Al respecto (Ramirez A, 2003), manifiesta que “La inducción es un medio de razonar que consiste en sacar de los hechos particulares una conclusión general” y la “deducción es un método de razonamiento que lleva conclusiones partiendo de lo general como válido, hacia aplicaciones particulares”, basándose en los consumos y cálculos para verificar el consumo de combustible en los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo.

**Método Experimental.** Como lo establece (Ramirez A, 2003), la investigación experimental “permite establecer causación o relación de causa y efecto de un fenómeno a través de procedimientos controlados donde se manipulan y controlan las variables que ejercen incidencia sobre el fenómeno, se tiene control sobre el tratamiento en estudio”, este se utilizara en la recolección del consumo de combustible, que tendrán incidencia en los resultados de esta investigación.

### 2.7.1. Método de investigación

El Método Científico es el procedimiento planteado que se utiliza en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones

internas y externas, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobar en el experimento y con las técnicas de su aplicación.

En esta investigación se va a utilizar el método científico ya que se va a explicar el índice de consumo de combustible y su incidencia en la eficiencia de los vehículos, para esto se necesita enunciar el modelo teórico propuesto como la regresión lineal múltiple (Gutiérrez y De la Vara, 2008) establece que para modelar y pronosticar el comportamiento de un efecto de interés como el rendimiento de combustible en función de varios factores significativos tanto cualitativos como cuantitativos se puede utilizar la regresión lineal.

El método científico se refiere a la serie de etapas que hay que recorrer para obtener un conocimiento válido desde un punto de vista científico, utilizando para esto instrumentos que resultan fiables. A continuación se indica el procedimiento que utiliza el método científico. Como se puede observar en la figura 2.1



**Figura 2.1. Método Científico**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

## 2.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

**Población.-** El parque automotor del gobierno municipal de Santo Domingo cuenta con 18 jeeps, 25 camionetas, 6 motoniveladoras, cinco cargadoras frontales, cuatro tractores, 4 rodillos, 4 tanqueros y 15 volquetas los siguientes vehículos que se detallan en la tabla 2.1 que se muestra a continuación.

**Tabla 2.1. Parque automotor del GAD de Santo Domingo**

<b>Tipo de vehículos</b>	<b>Población</b>
Jeeps	18
Camionetas	25
Motoniveladoras	6
Cargadoras frontales	5
Tractores	4
Rodillo	4
Tanqueros	4
Volquetas	15
Total	81

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

La población total es de 81 vehículos entre jeeps, camionetas, motoniveladoras, cargadoras frontales, tractores, rodillos, tanqueros y volquetas a todo el este parque automotor se realizará la evaluación del índice de consumo de combustible y su incidencia en la eficacia.

En el presente estudio se utilizará una muestra del 100% en lo referente al registro del consumo de combustibles y la eficiencia del parque automotor.

## 2.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE

Las variables de esta investigación son las siguientes:

**Variable Independiente.** Índice de consumo de combustible

**Variable Dependiente.** Incidencia en la eficiencia del parque automotor del GAD Municipal de Santo Domingo en el año 2015

### Operacionalización de variables

A continuación se presenta la matriz de operacionalización de las variables independiente y dependiente.

**Tabla 2.2. Operacionalización variable independiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Índice de consumo es la cantidad de carburante, que hay que consumir en gramos para obtener una determinada potencia en kilo	Portadores energéticos	Consumo de combustible	kW/h	Medición	Odómetro
	Fuentes energéticas	Área elaborada	Kg	Cálculos	Odómetro

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

**Tabla 2.3. Operacionalización variable dependiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Eficiencia de combustible, es el consumo de combustible que tiene un motor para transformar carburante en energía mecánica	Portadores energéticos	Consumo específico	g/kW	Medición	Odómetro
	Superficie iluminada	Rendimiento	H	Cálculos	Odómetro

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

### 2.10. NORMA ISO 50001

ISO 50001 proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, en todas las regiones del mundo. ISO 50001 establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la



energía. Se estima que la norma, dirigida a una amplia aplicabilidad a través de los sectores económicos nacionales, podría influir hasta en un 60% del consumo de energía del mundo

### **2.10.1. Importancia de la ISO 50001**

La energía es fundamental para las operaciones de una organización y puede representar un costo importante para estas, independientemente de su actividad. Se puede tener una idea al considerar el uso de energía a través de la cadena de suministro de una empresa, desde las materias primas hasta el reciclaje. Además de los costos económicos de la energía para una organización, la energía puede imponer costos ambientales y sociales por el agotamiento de los recursos y contribuir a problemas tales como el cambio climático.

El desarrollo y despliegue de tecnologías de fuentes de energía nuevas y renovables puede tomar tiempo. Las organizaciones individuales no pueden controlar los precios de la energía, las políticas del gobierno o la economía global, pero pueden mejorar la forma como gestionan la energía en el aquí y ahora.

Mejorar el rendimiento energético puede proporcionar beneficios rápidos a una organización, maximizando el uso de sus fuentes de energía y los activos relacionados con la energía, lo que reduce tanto el costo de la energía como el consumo. La organización también contribuye positivamente en la reducción del agotamiento de los recursos energéticos y la mitigación de los efectos del uso de energía en todo el mundo, tal como el calentamiento global.

ISO 50001 se basa en el modelo de sistema de gestión que ya está entendido y aplicado por organizaciones en todo el mundo. Puede marcar una diferencia positiva para las

organizaciones de todo tipo en un futuro muy cercano, al mismo tiempo que apoya los esfuerzos a largo plazo para mejorar las tecnologías de energía.

ISO 50001 proporcionará a las organizaciones del sector público y privado estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la eficiencia energética. La norma tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones un reconocido marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión. Las organizaciones multinacionales tendrán acceso a una norma única y armonizada para su aplicación en toda la organización con una metodología lógica y coherente para la identificación e implementación de mejoras

La norma tiene por objeto cumplir lo siguiente:

- Ayudar a las organizaciones a aprovechar mejor sus actuales activos de consumo de energía
- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía
- Ayudar a las instalaciones en la evaluación y dar prioridad a la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética
- Proporcionar un marco para promover la eficiencia energética a lo largo de la cadena de suministro
- Facilitar la mejora de gestión de la energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero •

- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como ser el ambiental, y de salud y seguridad.

### **2.10.2. Funcionamiento ISO 50001**

ISO 50001 se basa en el modelo ISO de sistema de gestión familiar para más de un millón de organizaciones en todo el mundo que aplican normas como la ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión ambiental), ISO 22000 (seguridad alimentaria), ISO/IEC 27001 (información de seguridad). En particular, la norma ISO 50001 sigue el proceso Planificar-Hacer-Verificar -Actuar de mejora continua del sistema de gestión de la energía.

Estas características permiten a las organizaciones integrar la gestión de la energía ahora con sus esfuerzos generales para mejorar la gestión de la calidad, medio ambiente y otros asuntos abordados por sus sistemas de gestión.

### **2.10.3. Modelos para estimar el consumo de combustible**

Para calcular el consumo de combustible se recurre a dos tipos de modelos, los de estimación estadística y los mecanicistas, los primeros son muy económicos y sencillos de construir mientras que los segundos la principal desventaja es que se requieren una gran cantidad de recursos para su desarrollo y formulación. Sin embargo la tendencia de los modelos es que sean de tipo mecanicista y se consideran parte integral de otros modelos cuyo objeto es servir de herramienta para la evaluación técnica y económica de proyectos viales (Almira, 2003), así su uso es el más conveniente debido a su flexibilidad y a que una buena alternativa de ubicación se deriva en que es posible calibrar sólo las variables que mayor incidencia tienen o que son necesarias de acuerdo a las condiciones de aplicación.

La alternativa de la calibración de un modelo mecanicista mediante la modificación de algunos de sus parámetros y la observación de algunas de las variables es una tarea conveniente en muchos casos, en lugar de pretender el desarrollo de un nuevo modelo (Altamira, 2003).

Los modelos disponibles son obtenidos con base en promedios de resultados obtenidos en estudios realizados en diversos lugares (ISOHDM, 2000c) y considerando vehículos nuevos no correspondiendo esto a las condiciones propias de lugares específicos ni a que la flota vehicular tiene varios años de uso; con la elaboración del trabajo propuesto se pretenden identificar los valores adecuados de los coeficientes de las variables o parámetros que definen el consumo de combustible para algunas condiciones de operación propias con lo que se podrá ampliar la válida aplicación de algún modelo a regiones con características similares a las consideradas, así como el efecto de la cantidad de carga con la que opera el camión, o el peso del mismo, que no ha sido convenientemente validada en los modelos conocidos hasta la realización de esta tesis.

Una primera aproximación a los modelos para costos de operación vehicular considera para cada componente, incluyendo al combustible, las características de la carretera con el análisis de datos por mínimos cuadrados teniendo presente un término de error, así (Chesher y Harrison, 1987):

$$c = x \cdot f + e \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:  $c$  = costo o consumo del elemento

$x$  = vector de características de la carretera

$f$  = vector de coeficientes,

$e$  = error.

El error “e” no puede estar correlacionado con “x”, usualmente “f” se determina por mínimos cuadrados, y es posible en algunos casos que “c” sea remplazado por  $\log(c)$  con el fin de facilitar la obtención de resultados de manera lineal, por lo que el modelo será semilogarítmico.

Otros estudios plantean que el consumo de combustible es función de la velocidad del vehículo y se establece la siguiente relación funcional (Chesher y Harrison, 1987):

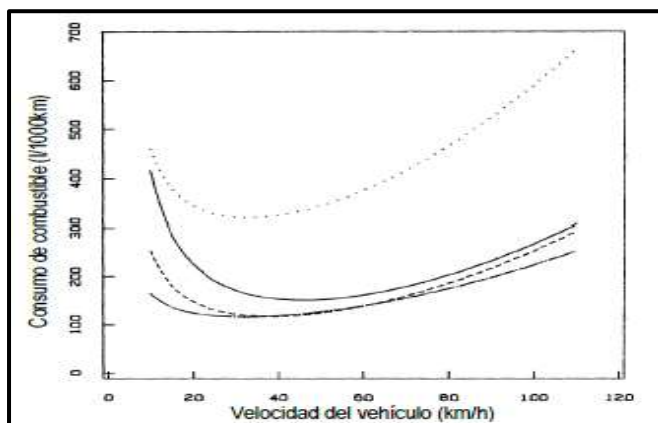
$$F = a + \frac{b}{V} + c \cdot V \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Dónde:

F = consumo de combustible por unidad de distancia

V = velocidad del vehículo

Por esta ecuación el consumo de combustible tiene comportamiento de curva en “U”, como se muestra en la Figura 1, en el que el mayor consumo de combustible se presenta a velocidades relativamente altas o bajas, y un valor mínimo cuando la velocidad del vehículo es igual a  $\frac{b}{2c} \cdot \frac{1}{3}$ . El coeficiente “a” es función de características de la carretera y del vehículo en las cuales tienen participación el peso y la relación peso/potencia del vehículo (Chesher y Harrison, 1987).



**Figura 2.2. Consumo combustible vs Velocidad camión en varios estudios**

Fuente: Chesher y Harrison, 1987

Una expresión alterna, obtenida con pruebas de laboratorio, es (ITEA, 2007):

$$L = (a + b)(v + c)(v^2 + d)(v^3) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Dónde:

L = consumo en l/km

V = velocidad media en km/h

a, b, c y d son parámetros definidos para cada tipo de vehículo

Con esta expresión se obtiene un comportamiento del consumo de combustible similar al que se ilustra en la Figura 2.2, es decir en forma de “U”, este modelo no es muy válido debido a que sus resultados no se han validado con datos reales en campo.

Un avance en el desarrollo de estos modelos para la estimación del consumo de combustible se evidencia con la expresión siguiente (Green Wood y Bennett, 1995):

$$FC = \left( \frac{a_0 + a_1}{S + a_2} \right) \times (S + a_3) \times (RISE + a_4) \times (FALL + a_5) \times (IRI) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Dónde:

FC = Consumo de combustible en l/1000km

S = velocidad del vehículo en km/h

IRI = índice de regularidad internacional en m/km

RISE = ascenso de la carretera en m/km

FALL = descenso de la carretera en m/km

a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> y a<sub>4</sub> son constantes o coeficientes de las variables

Se observa la inclusión de la inclinación de la carretera considerando los ascensos y descensos, así como el estado de la carretera representado por el Índice de Regularidad Internacional – IRI -, comúnmente conocido como Rugosidad.

Nótese que no se evidencia todavía la consideración del peso del vehículo, o la carga movilizada, como factor para el cálculo del consumo de combustible, encontrándose entonces la viabilidad de desarrollar la investigación propuesta.

En un extenso estudio hecho en Brasil, que ha servido de base para el desarrollo de algunos modelos, la carga de los vehículos fue estimada, cuando era posible, de forma visual y los datos registrados en este aspecto fueron: vacío, medio lleno y cargado (Chesher y Harrison, 1987), las expresiones encontradas para determinar el consumo de combustible son diferentes para los casos de ascenso y descenso, así (Chesher y Harrison, 1987):

Con  $HP_i \geq 0$

$$UFC_i = (a_0 + a_1)(CRPM + a_2)(CRPM^2 + a_3)(HP_i + a_4)(HP_i)(CRPM + a_5)(HP_i^2)$$

Ecuación 2.5

Para  $HP_i < 0$

$$UFC_i = (a_0 + a_1)(CRPM + a_2)(CRPM^2 + a_6)(\max(NHO, HP_i) + a_7)(\max(NHO, HP_i)^2)$$

Ecuación 2.6

Con  $i = u$  (subida) ó de (bajada).

$UFC_i$  corresponde al consumo de combustible por unidad de tiempo (ml/s) y  $HP_i$  a la potencia del vehículo expresada en HP (caballos de potencia).

Las expresiones para  $HP_i$  son:

Tramos de subida:  $HPU = [(1000 \times CR + RF)(GVW \times g \times Vu) + (AIR \times Vu^3)] / 736$

Ecuación 2.7

Tramos de bajada:  $HPU = [(1000 \times CR - RF)(GVW \times g \times Vd) + (AIR \times Vd^3)] / 736$

Ecuación 2.8

Las variables en estas expresiones se definen así:

CRPM = velocidad promedio nominal del motor (rpm), constante por tipo de vehículo.

CR = coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional)

$= 0,0218 + 0,0000467QI$  Para vehículos livianos

Ecuación 2.9

$= 0,0139 + 0,0000198/QI$  Para buses y camiones

Ecuación 2.10

QI = Regularidad de superficie, en unidades QI;  $1QI = 55BI_{mm}/km$  y  $BI = 630(IRI)$

Ecuación 2.11

RF = subidas + bajadas (m/km)

GVW = peso de la masa vehicular (toneladas)

g = constante gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Vd, Vu = velocidades en descenso (d) y ascenso (u) (m/s)

$AIR = 0,5 \times \rho \times CD \times AR$

Ecuación 2.12

Dónde:

$\rho$  = densidad en masa del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$p = 1.225(1 - 2.26 \times 10^{-5}A)$ , A = altitud (m)

Ecuación 2.13

CD = coeficiente aerodinámico de dragado (adimensional)

AR = área frontal proyectada del vehículo (m<sup>2</sup>).

a0... a7, y NHO son coeficientes

El consumo de combustible en l/1000km está dado por:

$$F = (500 \times \alpha) \left( \left( \frac{UFCu}{Vu} \right) + \left( \frac{UFCd}{Vd} \right) \right)$$

Ecuación 2.14



Dónde:

$\alpha = 1.16$  para vehículos livianos y  $1.15$  para buses y camiones, es un factor de ajuste para considerar las condiciones normales de operación.

Otros estudios en Brasil reportan como resultado, para los buses (no se consideraron camiones), la siguiente expresión (Chesher y Harrison, 1987):

$$\text{Loge}(F) = (5.618 + 0.000765)(QI + 0.00036) \times C \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Dónde:

F = Consumo de combustible (l/1000km)

QI = Regularidad de la superficie (en unidades QI)

C = curvatura media ( $^{\circ}$ /km)

Otros modelos matemáticos se han hecho explícitos para vehículos pesados entre los cuales están los camiones, como los que se presentan a continuación (Cañadas, 2007):

- Pendiente ascendente o nula:

$$Ccc = (388.18 - 7.32) \times (V_{cp} + 7) \left( (10 - 2) \left( V_{co2} + 101.28 \right) (r + 1.99) \left( (10 - 2) \left( (V_{cp} \times r) + 7.85 \right) (10 - 3) (V_{cp}^2) r \right) \right)$$

Ecuación 2.16

Pendiente descendente

$$Ccc = (213.31 - 6.15) (V_{cp} + 7.42) \left( (10 - 2) (V_{cp}^2 + 6.08) \right) \left( (p + 3.82) (10 - 2) \right) \left( (V_{cp}) (p + 7.27) \right) \left( (10 - 4) (V_{cp}^2) p \right)$$

Ecuación 2.17

Dónde:

Ccc = Consumo de combustible (c.c./km).

Vcp = Velocidad de cálculo para vehículos tipo camión y otros pesados (km/h).

r = Pendiente en % (positivo o nulo).

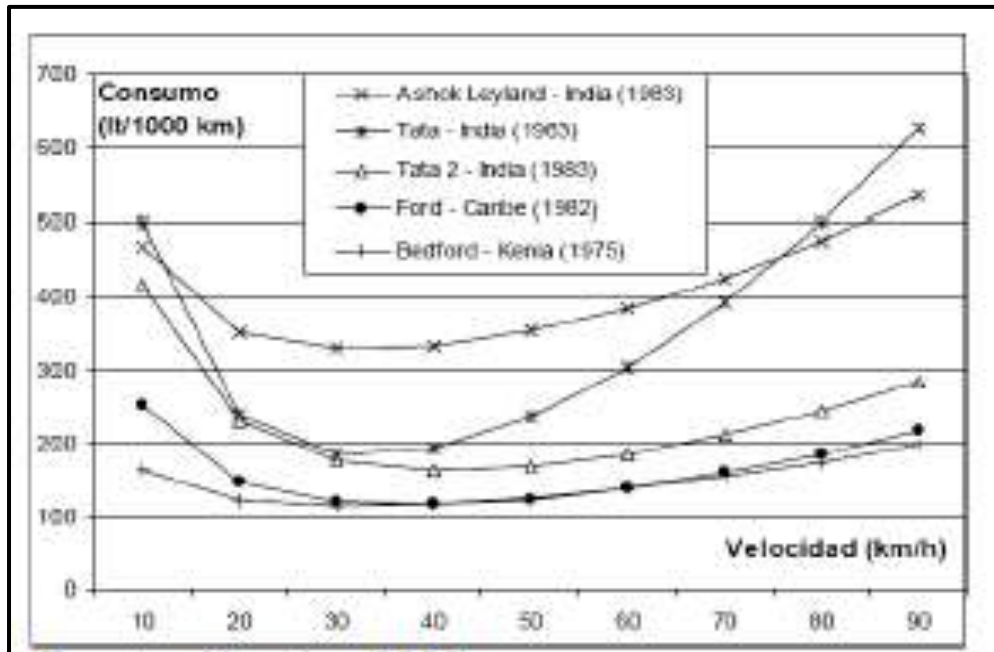
p = Pendiente en % (negativo).

La aplicación de cualquier modelo debe ser cuidadosa, como también la calibración local. Como ejemplo, para camiones en Canadá, se ilustran en la Figura 2.2 los costos de operación vehicular observados y los pronosticados con el modelo del HDM con valores predefinidos no ajustados (ISOHDM, 2000c). Se observan diferencias significativas para los casos del VOC total (Vehicle Operation Costs por sus siglas en inglés) y también en las contribuciones relativas de los diferentes componentes de tales costos, diferencias que surgen debido a que el HDM no esté debidamente calibrado. Una inadecuada aplicación o calibración local puede distorsionar estos costos y sus aplicaciones, por lo que se hace necesaria la calibración del modelo verificando los resultados obtenidos con el modelo y los que se tienen de observaciones en campo (Altamira et al, 2004).

Otra muestra de la necesidad de la calibración y adaptación de los modelos, y en particular del modelo de consumo de combustible, se puede identificar al observar la Figura 2.3 en la que se ilustra la relación entre consumo de combustible y velocidad de los vehículos; se muestran en esta figura los resultados de estudios hechos en diversos lugares del mundo y en diferentes épocas. Las diferencias que se aprecian son llamativas pues no se conservan elementos de coincidencia numérica entre ellos; sólo coinciden, de alguna manera, la forma de las curvas indicando que el consumo de combustible es alto para velocidades bajas y altas, y que por consiguiente se tiene una velocidad intermedia que correspondería al valor óptimo en cuanto al menor consumo de combustible.

El comportamiento del consumo de combustible, que se ve en la Figura 2.3, corresponde con el modelo genérico que se mencionó anteriormente (ver Figura 2.2) en el que se tiene una

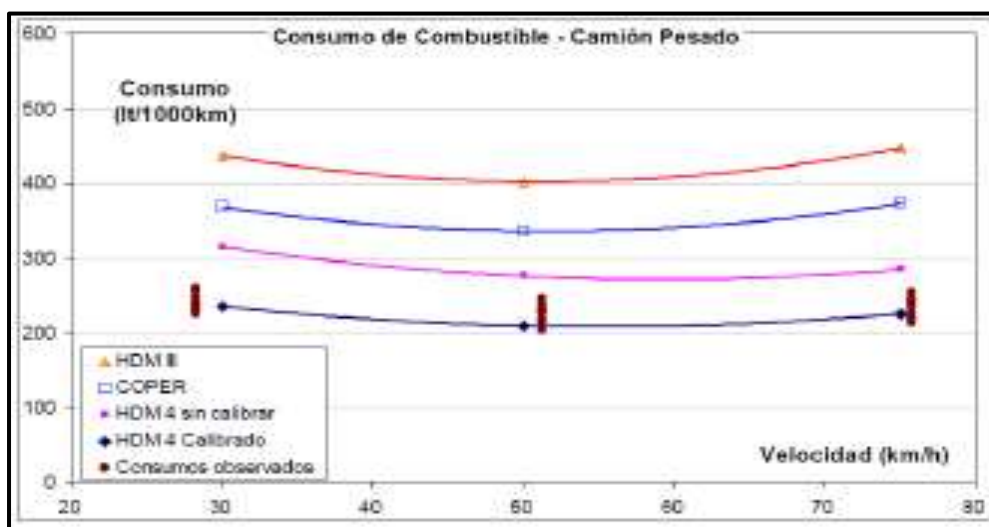
curva en “U” en la cual el mayor consumo de combustible se presenta para velocidades relativamente altas o bajas (Chesher y Harrison, 1987).



**Figura 2.3. Velocidad vehículo vs. Consumo de combustible (L/100km)**

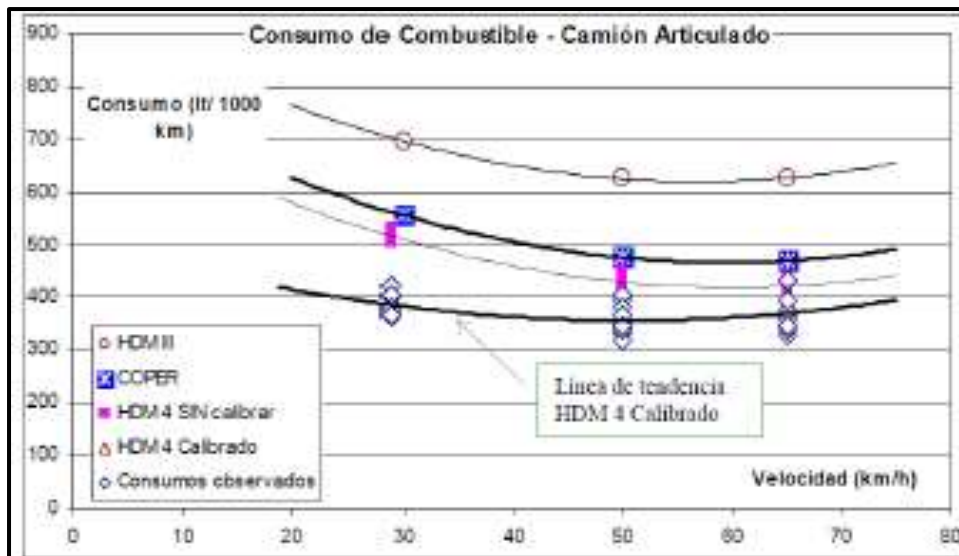
Fuente: (Chesher y Harrison, 1987).

Resultados más recientes también se tienen en los que se evidencia la importancia de la calibración de los modelos, algunos resultados se presentan en las Figuras 2.4 y 2.5.



**Figura 2.4. Consumo de combustible – Camión Pesado**

Fuente: (Chesher y Harrison, 1987).



**Figura 2.5. Velocidad vehículo vs Consumo de combustible – Camión Articulado**

Fuente: (Chesher y Harrison, 1987).

También se han desarrollado grandes avances en la tecnología de los vehículos durante el período desde que los estudios se realizaron, obteniendo menores consumos y costos de circulación. Por estas razones, se recomienda la calibración del modelo HDM a las condiciones locales (ISOHDM, 2000c).

El modelo que se utiliza en HDM-4 para predecir el consumo de combustible establece que este es proporcional a los requisitos totales de potencia del motor, la cual considera tres componentes (ISOHDM, 2000b):

Potencia de tracción: requerida para contrarrestar las fuerzas opuestas al movimiento.  
 Arrastre del motor: requerida para contrarrestar el arrastre interno del motor (o fricción) .  
 Potencia accesorio: requerida para mover los accesorios del vehículo, tales como el ventilador, la dirección asistida, el aire acondicionado, el alternador, etc.

La forma como matemáticamente, y en forma simplificada, se expresa esta proporcionalidad es con una función de la siguiente manera (ISOHDM, 2000c):

$$IFC = \text{MAX} (\alpha, \varepsilon P_{\text{tot}}), \text{ que se puede expresar como:} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$IFC = \text{MAX} (\alpha, \varepsilon P_{\text{tr}} + \varepsilon P_{\text{engaccs}}) \quad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

IFC = consumo de combustible instantáneo (ml/s)

$\alpha$  = consumo de combustible en ralentí (ml/s)

$\varepsilon$  = factor de eficiencia combustible - potencia (ml/kW/s)

$P_{\text{tot}}$  = requisitos totales de potencia (kW)

$P_{\text{tr}}$  = requisitos totales de potencia de tracción (kW)

$P_{\text{engaccs}}$  = potencia total del motor y los accesorios (kW)

La calibración del modelo de combustible se enfoca en los parámetros  $\alpha$  y  $\varepsilon$ , los requisitos de potencia se estiman según las condiciones particulares de operación considerando velocidad y masa del vehículo, densidad del aire, área frontal y aerodinámica del vehículo, pendiente de la carretera, resistencia a la rodadura y clima (ISOHDM, 2000c), según expresiones y consideraciones establecidas en la literatura técnica del modelo, para lo cual se deben tener las precauciones correspondientes a un trabajo de calibración, como la identificación de variables a considerar, entre otras.

Las ecuaciones usadas para predecir la fuerza total son las siguientes (ISOHDM, 2000c):

$$F_{\text{tr}} = F_a + F_g + F_r \quad \text{En Newtons,} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$F_a = R_1 \times V^2 \quad \text{En Newtons, Efecto de la aerodinámica} \quad \text{Ecuación 21}$$

$$F_g = R_2 \times GR \quad \text{En Newtons, Efecto de la pendiente} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$F_r = (R_3 + R_4) V^2 \quad \text{En Newtons, Efecto del rodamiento} \quad \text{Ecuación 23}$$

Las variables  $R_1$  a  $R_4$  son simplificaciones de las variables de las ecuaciones actuales de HDM-4:

$$R1 = 0.5 \times RHO \times CD \times CDMULT \times AF \quad \text{Ecuación 24}$$

$$R2 = M \times g \quad \text{Ecuación 25}$$

$$R3 = FCLIM \times CR2 \times ((b11 \times Nw) + (CR1 \times b12 \times M)) \quad \text{Ecuación 26}$$

$$R4 = FCLIM \times CR2 \times CR1 \times b13 \quad \text{Ecuación 27}$$

Las fuerzas totales son:

$$Ftr = R3 + (R1 + R4) \times (V^2 + R2) \times GR \quad \text{Ecuación 28}$$

$$Ptr = Ftr \times \frac{V}{1000} \quad \text{Ecuación 29}$$

Remplazando (28) en (29) se obtiene:

$$Ptr = ((R3 + R2 \times GR) \times V) + \frac{(R1 + R4) \times V^3}{1000} \quad \text{Ecuación 30}$$

Dónde:

V = velocidad del vehículo (m/s)

RHO = densidad de la masa del aire (kg/m<sup>3</sup>)

CD = coeficiente de la tracción aerodinámica

CDMULT = multiplicador del coeficiente de la tracción aerodinámica

AF = área frontal proyectada (m<sup>2</sup>)

M = masa del vehículo (kg)

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Nw = cantidad de ruedas

CR1 y CR2 = parámetros del modelo de resistencia a la rodadura

b11 a b13 = parámetros del modelo de resistencia a la rodadura

GR = pendiente (%)

FCLIM = factor de ajuste climático

En la determinación de la masa del vehículo (M) se considera el peso del vehículo vacío, medio cargado, totalmente cargado y sobrecargado con base en la proporción de los mismos, así (ISOHDM, 2000c):

$$M = ((Pe \times TARE) + Ph \times (0.5 \times TARE + 0.5 \times GVW) + (Pf \times GVW) + (Po \times zo \times GVW)) / 100$$

Ecuación 31

Dónde:

M = promedio de la masa del vehículo (kg)

TARE = peso del vehículo vacío – Tara - (kg)

GVW = peso y carga máxima del vehículo, definido por el fabricante (kg)

Pi = porcentaje de vehículos vacíos -e-, medio cargados -h-, cargados -f- y sobrecargados -o- (%)

zo = peso relativo de la sobrecarga de GVW (decimal)

Para calibrar los parámetros del modelo de consumo de combustible es necesario tener una serie de medidas genéricas de consumo de combustible o, alternatively, disponer de modelos de consumo de combustible como los desarrollados usando técnicas de regresión lineal múltiple (ISOHDM, 2000c).

Para cada tipo de vehículo el consumo de combustible se calcula separadamente en el sentido de ascenso y descenso, y los resultados finalmente se promedian.

Como puede verse, el consumo de combustible está influenciado por diversas variables que, en forma conjunta y simultánea, permanentemente cambian de valor en la operación del vehículo; el estudio del consumo de combustible se realiza para cada variable en forma independiente, es decir haciendo que los demás parámetros estén controlados en valores definidos o estables (no variables), para luego hacer las combinaciones requeridas, por ejemplo pruebas con un mismo vehículo, velocidad constante, estado de carga único, etc.

Al estudiar este modelo se encuentra que variables con alta incidencia son la velocidad y peso del vehículo, conjuntamente con la pendiente de la carretera, coincidiendo con lo expresado por otros autores como Cañadas (2007) quien manifiesta que son la velocidad y la pendiente de la carretera.

Por lo que se ha identificado las variables a considerar en el presente estudio:

- Peso del vehículo: principal elemento del trabajo por las razones expuestas.
- Pendiente de la carretera que tiene efecto relevante en el consumo de combustible según lo plantea Altamira (2003), y sobre la que además no se han encontrado referencias de estudios recientes en los que haya sido, excepto para valores bajos de la misma como puede ser inferiores o iguales a 1% que es el caso por ejemplo de Altamira (2003), por lo que considerar la pendiente de la carretera siendo esto un aporte de la presente tesis a nivel internacional y de impacto por las condiciones de buena parte de las carreteras en países con topografía montañosa como es el caso de Ecuador.

#### **2.10.4. Técnicas e instrumentos de la investigación**

(Hernández, 1997) Señala que: “Las hipótesis deben estar relacionadas con técnicas disponibles para probarlas. Este requisito está estrechamente relacionado con el anterior y se



refiere a que al formular una hipótesis, tenemos que analizar si existen técnicas o herramientas de la investigación (instrumentos para recolectar datos, diseños, análisis estadísticos o cualitativos, etc.), para poder verificarla, si es posible desarrollarlas y si se encuentran a nuestro alcance. Se puede dar el caso de que existan dichas técnicas pero que por ciertas razones no tengamos acceso a ellas.” (p. 82).

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó como técnica al Software denominado MatLab e instrumento una base de datos.

“Matlab” es una abreviatura de “MATrix LABoratory” perteneciente al desarrollador de paquetes de software “MathWorks”, es una herramienta de desarrollo de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con lenguaje de programación incorporado, “Lenguaje M”, está disponible para las siguientes plataformas:

- Unix
- Windows
- Mac OS X
- GNU / Linux

Entre las prestaciones principales de “Matlab” se halla el desarrollo de matrices (operaciones, relaciones, etc.), la representación de datos y funciones matemáticas, la implementación de algoritmos adaptándolos a su lenguaje incorporado, el diseño de interfaces gráficas de usuario (GUI), y el enlace con otros programas de diferentes lenguajes (No lenguaje “m”) y de dispositivos de hardware como microprocesadores, tarjetas de adquisición de datos y de más. (MathWorks, 2015).

El paquete de “Matlab” dispone de dos prestaciones de asistencia al proceso de desarrollo, estas prestaciones son:

- Simulink (Plataforma de simulación multidominio)
- GUIDE (Editor de interfaces de usuario “GUI”)

Adicional a las prestaciones de software ya mencionadas, y por medio de las actualizaciones constantes de “Matlab” se puede añadir cajas de herramientas “toolboxes” que brindan asistencia al proceso de desarrollo y dentro de la prestación “Simulink” se pueden integrar paquetes de bloques adicionales o “blocksets”.

El uso de “Matlab” ha cobrado mucho auge en los últimos años debido a su rol fundamental para tareas de investigación y desarrollo, tanto en la ciencias básicas como en la ingeniería aplicada, una de las características fundamentales del entorno de “Matlab” son sus constantes actualizaciones que lo convierten en un software robusto en comparación a otros paquetes informáticos del mercado.

Del software se destaca su gran funcionalidad y practicidad, debido a su rol en aplicaciones matemáticas de la industria y la investigación, lo cual hace viable el desarrollo e implementación de modelos mediante algoritmos enfocados a la predicción.

Para el desarrollo de interfaces graficas de usuario, “Matlab” presenta una prestación dedicada para ello esta herramienta dentro de “Matlab” se llama “GUIDE”, “GUIDE” es un entorno de programación visual disponible en “Matlab” para realizar y ejecutar programas

que necesiten ingreso continuo de datos (Barragan, 2008). Tiene las características básicas de todos los programas visuales y del paradigma de programación orientado objetos como:

- Visual Basic
- Visual C++.
- Borland Delphi
- Java

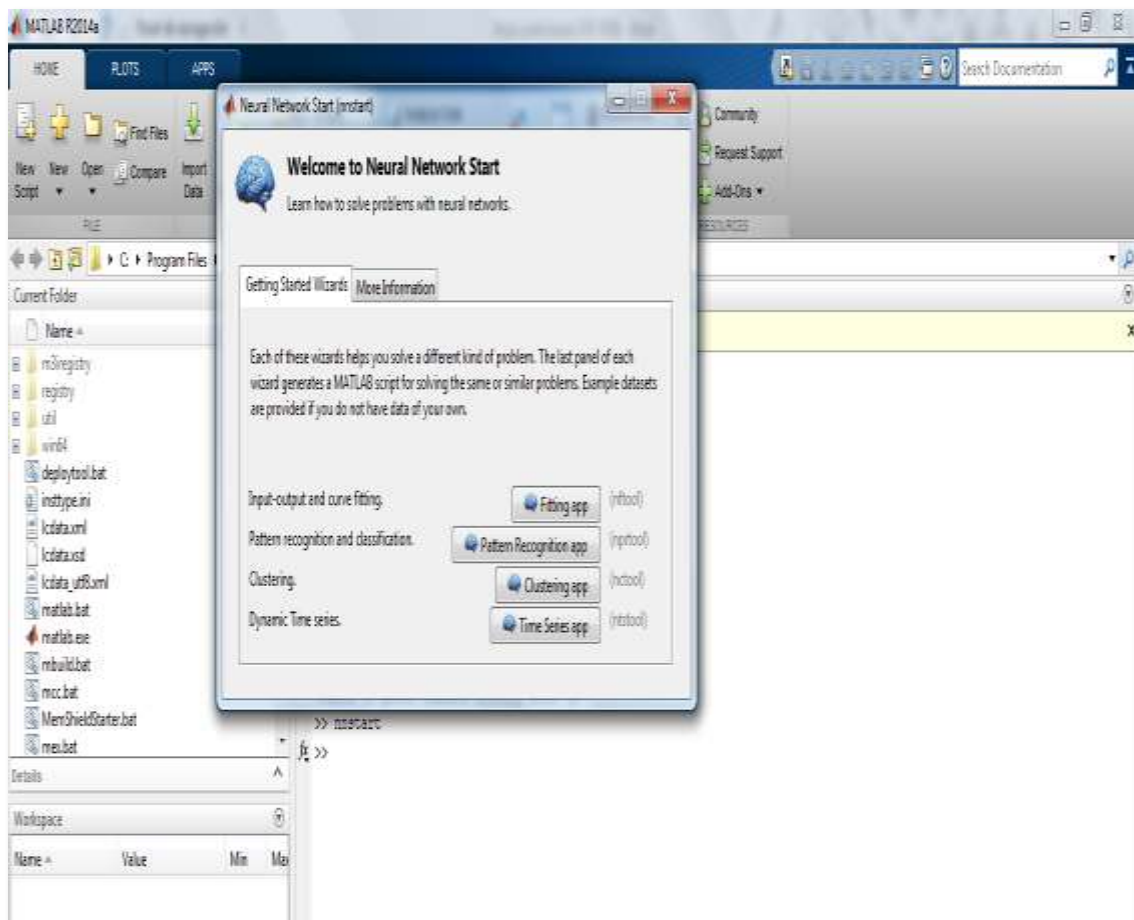
El entorno de desarrollo Matlab” es muy flexible en cuanto a las necesidades de selección de los distintos tipos de RNA’s (MathWorks, 2015), “Matlab” se caracteriza por trabajar con redes “Feed-forward” o redes de propagación hacia delante, en sus dos denominaciones:

- Monocapa, también conocido como red neuronal artificial “perceptrón unicapa” o red neuronal artificial “Adaline” (ADAPtative LINear Element).
- Multicapa, también conocido como red neuronal perceptrón multicapa.

Dentro del paquete de “Matlab”, este software también permite el desarrollo de distintos tipos de redes neuronales basadas en las características mencionadas anteriormente, tales como:

- Redes neuronales de base radial que son un tipo de redes de neuronas artificiales que calculan la salida de la función en función de la distancia a un punto denominado centro e igual que con los perceptrones multicapa, sirven como aproximadores universales.
- Redes neuronales tipo “SOM” (Self-organizing map), que es un tipo de red neuronal que es entrenada usando aprendizaje no supervisado para producir una representación discreta del espacio de las muestras de entrada, llamado mapa.

- Redes neuronales dinámicas que son empleadas en su mayoría para resolver problemas de tiempo no lineales en sus distintos tipos
- Redes neuronales de regresión generalizada que es un tipo de red neuronal evolutiva, y permite trabajar mediante procesos estadísticos distintos problemas planteados.
- Redes neuronales (LVQ) “Learning Vector Quantization” (Cuantificación Vectorial) es una técnica por la cual el espacio de entradas es dividido en un número determinado de regiones y para cada una de ellas es definido un vector que la caracteriza.
- Redes neuronales de “Hopfield” que se usan principalmente como sistemas de memoria asociativa con unidades binarias. Están diseñadas para converger a un mínimo local, pero la convergencia a uno de los patrones almacenados no está garantizada.

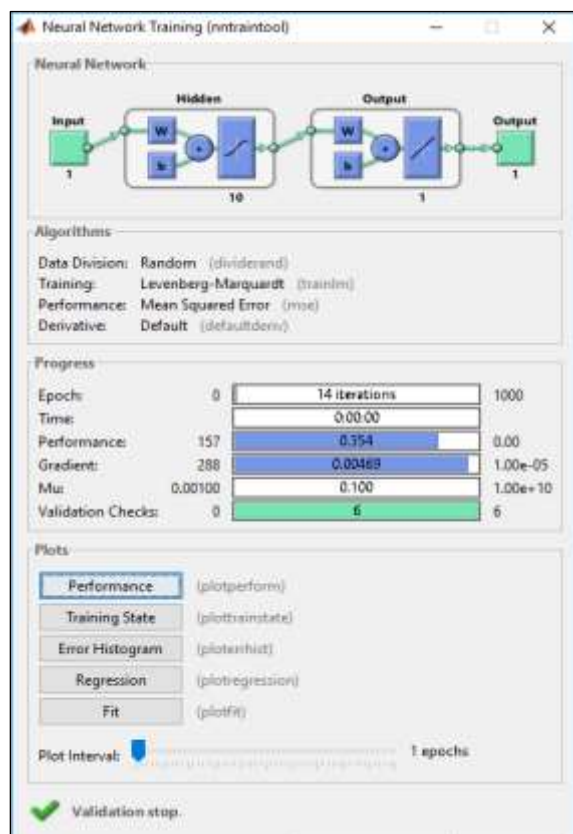


**Figura 2.6. Inicialización de la aplicación para redes neuronales en “Matlab”**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

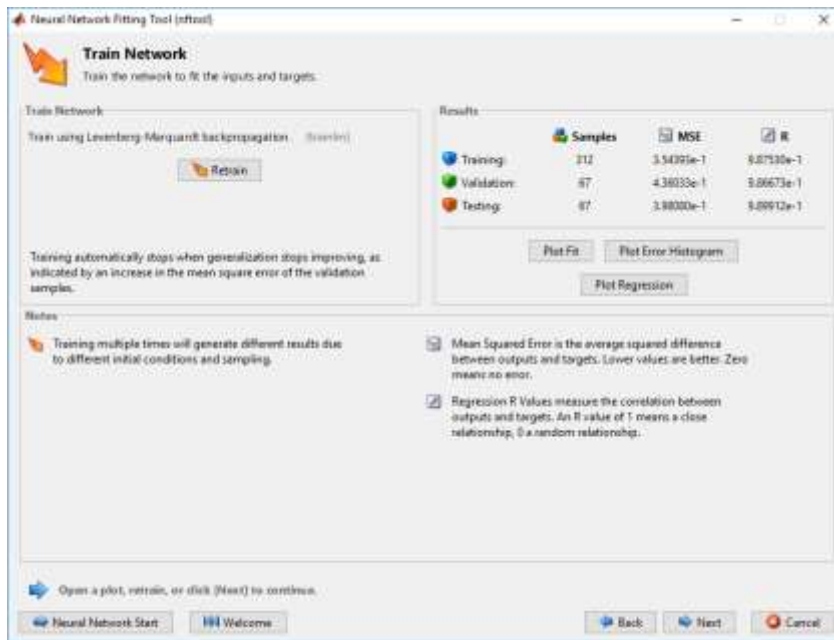
Adicional a la topología mencionada que está incorporada para el desarrollo en “Matlab”, esta paquete informático también dispone de una herramienta incorporada (“toolbox”) encargada del procesamiento de los tipos de redes neuronales artificiales más utilizadas en el campo de la investigación, esta herramienta es inicializada por el comando “nnstart” tecleado en el “Command Window” de “Matlab” (Ver Figura 2.6)

Se realizaron las etapas de entrenamiento, validación y testing durante el desarrollo de cada una de las RNA. Cada una de ellas obedece a la tipología de Feed-forward, multicapa, con la estructura que se muestra en la figura 2.7



**Figura 2.7. Ejemplo de estructura y características de formación de una RNA.**  
Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Durante el desarrollo de las RNA se dispuso de más de 400 juegos de datos históricos en cada caso, además se garantizó que el valor del  $R^2$  fuese mayor del 97 % (ver figura 2.8.)



**Figura 2.8. Ventana de Matlab que muestra los parámetros del entrenamiento de la RNA.**

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

En el presente proyecto se requiere utilizar el software con el fin de lograr la evaluación del índice de consumo de combustible de los vehículos y su incidencia en la eficiencia del parque automotor para esto se necesita de la ayuda de observación del manejo de los vehículos del parque automotor, se necesita medir el kilometraje recorrido en las diferentes actividades, calcular la potencia y cilindrada de los automotores lo que permitirá la elaboración de un sistema automatizado para la gestión de la eficiencia en el uso de combustible.

La gestión del combustible puede ser vista desde el diseño y la puesta en práctica de un sistema de control, supervisión y, muy especialmente, de seguimiento del consumo de carburante global e individualizado de los vehículos de una flota de transporte. La gestión del combustible permite aprovechar de la manera más rentable cada litro de combustible adquirido, contribuyendo con ello no sólo a la economía de la empresa, sino también al ahorro energético y a la mejora de la conservación del medio ambiente.

Una adecuada gestión del combustible está además ligada a:

- Una adecuada planificación de rutas y de vehículos.
- La utilización de las técnicas de conducción eficiente.
- Un correcto mantenimiento de los vehículos.
- La calidad del servicio prestado al cliente.

En la actualidad, la conciencia sobre los problemas del medio ambiente constituye un punto de atención en la sociedad y se ha de tener en cuenta que la reducción de consumo de combustible va ligada a la disminución de las emisiones a la atmósfera, sobre todo las que tienen relación con el calentamiento global. La combustión en el motor emite a la atmósfera cantidades importantes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), unos 2,6 y 2,35 kilogramos por cada litro de gasóleo y de gasolina consumidos respectivamente. La reducción de las emisiones es un aspecto novedoso en la gestión empresarial que, empleado adecuadamente, puede contribuir a la mejora de la imagen de la empresa.

Finalmente, el establecimiento de un adecuado sistema de gestión del combustible dará lugar a un ahorro de carburante y por tanto, a una mayor eficiencia energética en la realización de sus servicios, a través de dos vías:

- Por un lado, mejorar la eficiencia de cada vehículo, a través del control y seguimiento individualizado de los mismos, así como del establecimiento de programas de formación a los conductores en las técnicas de conducción eficiente.
- Por otro lado, a través del establecimiento de un sistema global de control y seguimiento del consumo de combustible de la flota; de la programación de las rutas y de la asignación adecuada a las mismas de los vehículos, en función de sus características y consumos, se

logrará además un ahorro de combustible y por tanto, una mayor eficiencia energética para el conjunto de la flota.

Es necesario remarcar que hay aplicaciones de sistemas automatizados comerciales que cuentan con módulos de gestión de flotas, aunque lo más habitual, dado las particulares características de cada empresa, es que se solicite a una empresa consultora sus servicios para la adaptación a la flota de transporte de una aplicación base, con el fin de satisfacer sus requerimientos particulares.

A partir del análisis de las condiciones y características del GAD Municipal de Santo Domingo, se propone un modelo conceptual del sistema encargado de la gestión del consumo de combustible del parque automotor, el cual para satisfacer los niveles de información requeridos debe contar con los siguientes módulos (ver figura 2.9):

#### **2.10.5. Odómetro**

Lo primero que asociamos con odómetro es el cuentakilómetros de nuestro vehículo y por ello pensamos que se trata de un dispositivo inventado en el siglo XX. Sin embargo, el odómetro es tan antiguo que, para algunos investigadores, sus orígenes se remontan a épocas anteriores a la era cristiana.

Por su etimología griega, odómetro significa “medir distancias recorridas” y ese fue principalmente el uso que se le atribuyó a este instrumento en la antigüedad, tanto en el ámbito civil como militar, mucho antes de encontrar aplicación en la industria automotriz, en bicicletas, en los modernos aparatos de gimnasia (por ejemplo, cintas caminadoras), en dispositivos de ayuda técnica para personas con problemas motrices (por ejemplo, silla de ruedas) ,



en agrimensura, topografía y en cualquier otra actividad en la que se requiera la medición exacta de una distancia cuando se la recorre, incluso caminando, en superficies planas.

El fundamento en el que se basa un odómetro, que depende del movimiento de otro instrumento milenario como lo es la rueda, es muy sencillo y para comprenderlo, nosotros mismos podemos construir un simple odómetro.

En realidad, los vehículos (de motocicletas a camiones y ómnibus de gran porte) disponen de dos instrumentos en una sola esfera: el velocímetro y el odómetro o cuentakilómetros, que funcionan acoplados.

La caja de velocidades del vehículo transmite el movimiento del mismo al velocímetro por medio de un cable flexible acoplado por la parte posterior del panel de instrumentos. Dicho movimiento hace girar el imán permanente “I” que se encuentra en el interior del tambor “T”, al cual está unida la aguja “A”, que se desplaza por la escala graduada de la esfera del velocímetro, mientras el resorte “M” se opone al movimiento del tambor “T”. Es claro que *cuanto mayor sea la velocidad del vehículo, más rápido girará el imán, mayor será el arrastre del tambor producido por el campo magnético del imán, y por ende mayor será el desplazamiento de la aguja.*

Como este mecanismo sólo mide la velocidad, se aprovecha el sistema de arrastre del tambor para disponer una serie de engranajes que reciben el movimiento transmitido por el cable flexible o tripa del velocímetro a través de un sinfín y lo retransmiten a otro tambor. Este tambor, a su vez, mueve ruedas graduadas engranadas entre sí, marcando, sucesivamente, la distancia recorrida cada 100 metros, un kilómetro, decenas, centenas y miles de kilómetros



**Figura 2.9. Esquema conceptual del sistema para la gestión de consumo de combustible (GAD Municipal de Santo Domingo).**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

#### **2.10.6. Módulo de Registro de Flota**

Es el encargado de establecer los protocolos para el registro, edición y actualización de cada vehículo existente en la flota del parque automotor. Debe permitir la codificación y descripción del mismo según sus características principales (tipo de vehículo, marca, estado técnico, matrícula, tipo de motor, etc.).

Este módulo se encarga de establecer la base de datos primaria del sistema a la cual se relacionarán otro conjunto de datos importantes de registro y predicción correspondiente a cada elemento de la flota.

##### **2.10.6.1. Módulo de Base de Datos de Movimiento de Flota**

Es el encargado de almacenar el record de cada elemento de la flota, registrando los datos descriptivos de fecha del movimiento, lectura de recorrido anterior y posterior al movimiento,

volumen de combustible recomendado y volumen de combustible real abastecido. Este record permitirá interactuar con los demás módulos del sistema permitiendo la necesaria interrelación de la información.

#### **2.10.6.2. Módulo de Predicción de Consumo de Combustible**

Es uno de los módulos de mayor importancia y dificultad del sistema. Es el encargado de realizar la predicción del consumo de combustible para cada elemento de la flota según las restricciones específicas y determinadas condiciones de movimiento.

Este módulo debe incluir un modelo predictivo de razonamiento sobre los propia data de record del parque automotor (ej: redes neuronales artificiales) además de un método que garantice el contraste y representación de las predicciones con los valores reales incurridos y así obtener y representar la dispersión o error del método de predicción para su oportuno ajuste o reaprendizaje.

#### **2.10.6.3. Módulo de Generación de Reportes**

Es el encargado de generar salida de información (gráfica, numérica y alfa-numérica) en plantillas personalizadas o establecidas por el usuario para los controles o procedimientos administrativos y servirán de retroalimentación al sistema para la entrada de los datos reales luego de cada movimiento del parque automotor.

Los modelos, gráficos y datos necesarios, así como su estilo y organización en el reporte obedecerán a las normas de control y registro existentes en la empresa.

#### **2.10.6.4. Módulo de Actualización del Modelo Predictivo**

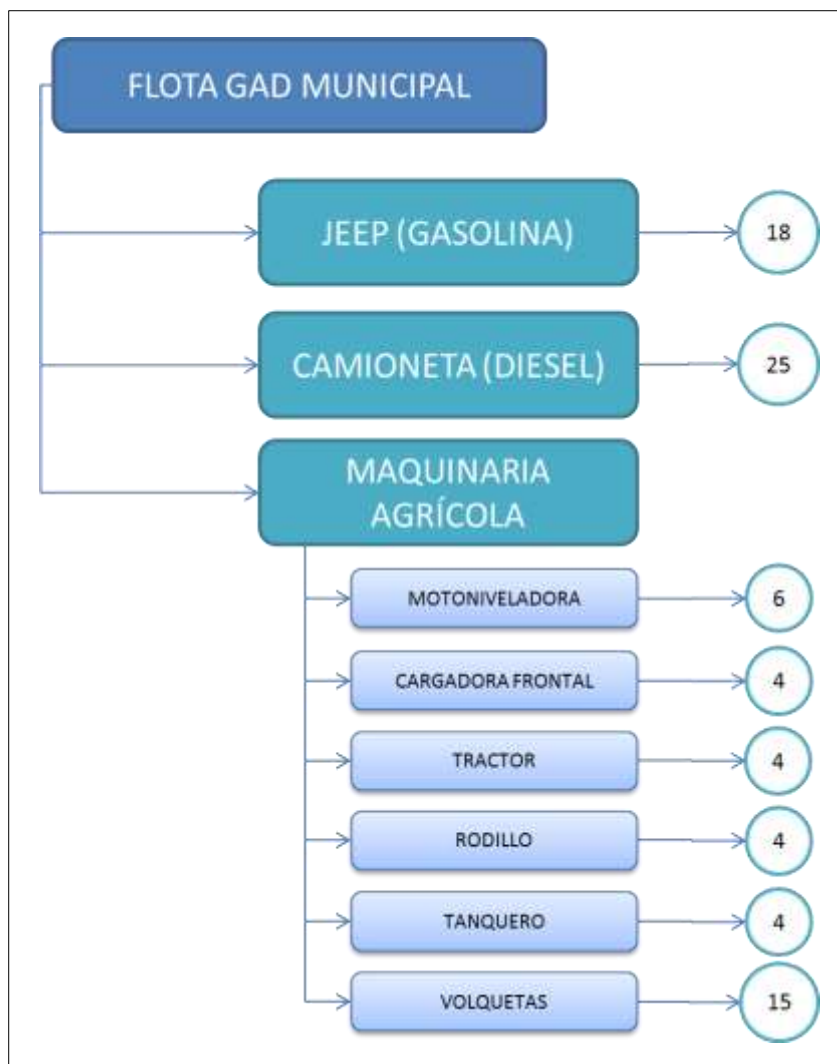
Contendrá los algoritmos y procedimientos necesarios para actualizar los modelos de predicción del sistema a partir de la existencia de nuevos datos. La definición de un agente de control de error de la predicción será el encargado de determinar el momento de actualización automática del modelo predictivo, a partir de valores límites preestablecidos de la fiabilidad de la predicción obtenida.

Ajustará el comportamiento del modelo de predicción integrando los nuevos datos de comportamiento de los elementos de la flota que así lo ameriten al análisis, entrenamiento, validación y pruebas.

#### **2.10.6.5. Módulo de Interface de Usuario/Sistema**

Se encarga del desarrollo de los ambientes adecuados de entrada, gestión y salida de la información sobre una plataforma computacional. Garantiza la visualización y salida de información correspondiente a cada módulo del sistema y permite la interacción usuario/sistema en el entorno de desarrollo o aplicabilidad que determine la empresa.

La flota o parque automotor en estudio está compuesta por varias clases vehículos. Cada una de las clases la componen varios elementos con número, características y especificaciones particulares. La información que caracteriza a cada vehículo debe ser organizada y normalizada en aras de obtener una base de datos coherente para el análisis de la misma.



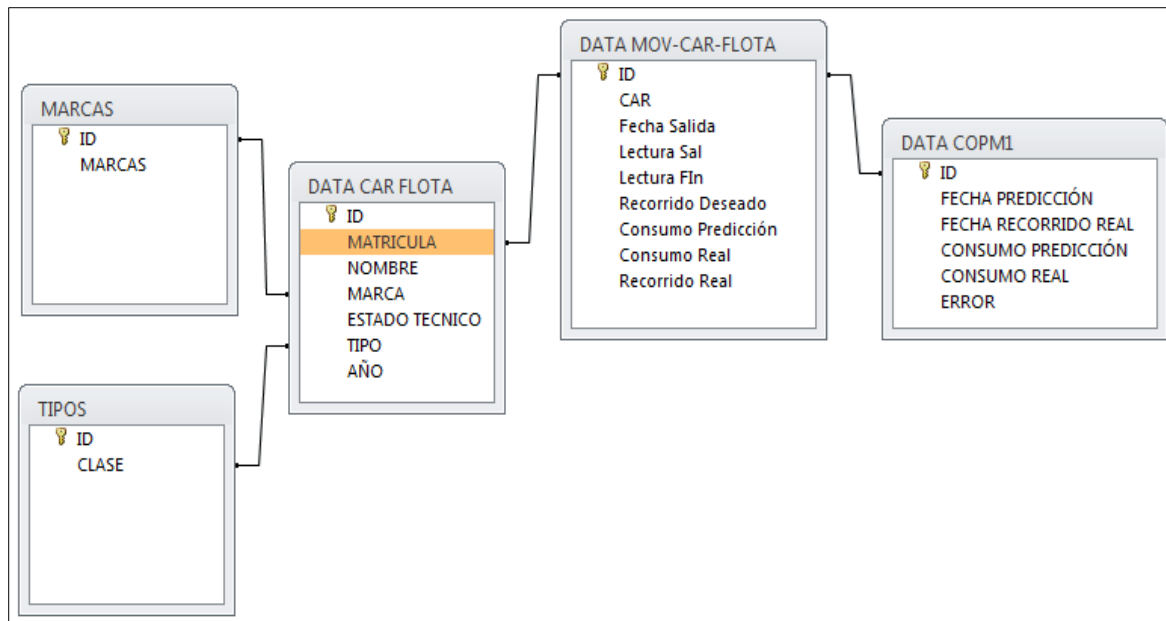
**Figura 2.10. Esquema de tipologías y números de vehículos de la flota en estudio**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Acorde al modelo conceptual propuesto es necesario establecer el orden, tipos de datos y dependencias de la información que gestionará el sistema.

Se propone el siguiente modelo de entidad relación de la base de datos general del sistema, el cual garantiza:

- La no existencia de redundancia de los datos.
- La reducción de problemas de actualización de los datos en las tablas.
- Protección de la integridad de los datos.



**Figura 2.11. Diagrama entidad-relación de la base de datos general del sistema.**

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

El objetivo de las técnicas de predicción es obtener estimaciones o pronósticos de valores futuros de una serie temporal a partir de la información histórica contenida en la serie observada hasta el momento actual. Estas técnicas no requieren la especificación de los factores que determinan el comportamiento de la variable, sino que se basan únicamente en la modelización del comportamiento sistemático de la serie.

De esta manera la obtención de valores de pronósticos influyen en la eficiencia de programas de planificación y empleo de recursos sin incurrir en excesivos costos de capital, es deseable un adecuado manejo de la información con el fin de realizar pronósticos con buen nivel de confianza.

Debido al comportamiento no lineal que presenta un pronóstico de consumo de combustible del parque automotor, las redes neuronales artificiales, ANNs, por sus siglas en inglés (Artificial Neural Networks) son un excelente candidato para la predicción de esta estimación.

Las ANNs son usadas en modelos y sistemas altamente no lineales (Azadeh, 2008). En general las ANNs son técnicas matemáticas simples diseñadas para cumplir una gran variedad de tareas. Hoy en día las ANNs pueden ser configuradas en varios arreglos para desarrollar diversas tareas, tales como, el reconocimiento de patrones, minería de datos, clasificación y predicción, entre otras (Vahidinasab, 2008).

Las ANNs están compuestas de atributos que aprenden soluciones en aplicaciones donde se necesita un mapeo lineal o no lineal. Algunos de estos atributos son: capacidad de aprender, generalización y procesamiento en paralelo, estos atributos hacen que las ANNs puedan resolver problemas complejos haciendo de esta técnica un método preciso y flexible (Balestrassi, 2009), (Freeman, 1991) y (Rabuñal, 2006).

En la recolección de datos para pronósticos, se deben de identificar dos claras categorías, de entrada y prueba. La primera es vital para diseñar y construir el modelo que permita la realización del pronóstico, la segunda igual de importante, sirve como punto de referencia para validar el resultado obtenido por el pronóstico, ya que se está probando la estimación contra la realidad.

La base para el establecimiento de un adecuado sistema de gestión de combustible en las flotas de vehículos es el preciso conocimiento de los consumos de combustibles de cada uno de sus vehículos. Este conocimiento resulta indispensable de cara a la implementación de sistemas avanzados de control de combustible, que incorporen criterios de discriminación de consumos en función del tipo de trayecto, estado técnico, tipo de automóvil, etc. Cuanto mayor sea la precisión y detalle con la que se lleve a cabo el control del consumo de combustible, mayor será la eficiencia energética de la flota.

El punto de partida será pues el establecimiento de un sistema de control del consumo de combustible para cada uno de los vehículos que componen la flota. Para realizar este control, se anotarán en cada uno de los repostajes los litros de combustible repostados hasta el llenado del tanque y los kilómetros indicados en el tacógrafo o en el cuadro de instrumentos del vehículo. De esta manera, se obtendrán los datos necesarios para calcular el consumo del vehículo en el periodo transcurrido desde el anterior repostaje.

Teniendo los datos de kilometraje del anterior repostaje y los del actual, se pueden obtener los kilómetros recorridos entre ambos repostajes:

$$\text{Km recorridos} = \text{Km repostaje actual} - \text{Km anterior repostaje}$$

Se dispone de los registros históricos de consumo del parque automotor en año 2015, con la información detallada de repostajes, Km recorridos, tipo de medio y sus características descriptivas asociadas. (Ver Tabla 2.4).

**Tabla 2.4. Sección de data histórica.**

GASOLINA				DESPACHO DE COMBUSTIBLE MES DE ENERO DEL 2015																		
JEEP				22 -		30 +																
Nº1	VEHICULO N°	TIPO	CILINDRADA DEL MOTOR	MES DE ENERO 2014																		
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	01-142	JEPP	2000			5			18	18	10		18			15						
						130	130	130	578	1038	1337	1337	1871	1871	1871	2302	2302	2302	2302	2302	2302	
2	01-149	JEPP	2000			6			6		6		6				6		6			
						147			299		473		608				742		911			
3	07-316	JEPP	2000								18											
											488											
4	07-319	JEPP	2000			25			25	25	25		25			25			25	25		
						603			1218	1899	2462		3013			3638			4363	5014		
5	08-399	JEPP	2000						10				10						10			
									234				483						718			
6	08-413	JEPP	2000		15					12												
					331					684												
7	10-440	JEPP	2000																40	40		
																			1074	2071		

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017



Para la generación de un modelo predictivo eficiente, resulta necesario un pre-procesamiento de los datos históricos disponibles. El propósito fundamental del pre-procesamiento de datos es manipular y transformar cada conjunto de datos haciendo que la información contenida dentro de ellos sea más accesible y coherente. En el pre-procesamiento una parte muy importante dentro del proceso de minería de datos, se estima que se lleva el 60% de los esfuerzos y las tareas fundamentales radican en la limpieza e integración de datos. La recopilación de los datos de diferentes fuentes y aún de una sola, implican la ejecución de una limpieza exhaustiva de los datos para un excelente análisis, que en ocasiones se convierte en una tarea bastante tediosa, debido a que se pueden tener muchas inconsistencias en los datos que impide un excelente aprendizaje de éstos. Estas inconsistencias se verán reflejadas a la hora de tomar decisiones, por lo tanto todos aquellos factores o características del conjunto de datos que impiden que una ANNs aprenda correctamente reciben el nombre de complejidad de los datos.

La complejidad de los datos son aquellos factores que disminuyen la calidad de la muestra de entrenamiento (ME) y que por consiguiente disminuyen la precisión del clasificador. Estos factores se pueden definir como sigue:

- **Ruido:** Son datos con errores, originados en su medición o registro (mal etiquetados, es decir, cuando no pertenecen a la clase donde fueron colocados).
- **Patrones Atípicos:** Son excepciones a la regla, es decir, que aunque han sido identificados correctamente estos son muy diferentes al resto de los patrones de la misma clase.
- **Solapamiento:** Es cuando dos o más clases se encuentran interceptadas entre sí compartiendo elementos en común.

- **Desbalance de clases:** Sucede cuando una clase tiene más patrones que las otras, es decir, cuando una clase es demasiado pequeña respecto a las demás.
- **Tamaño de ME:** La cantidad de patrones es directamente proporcional al tiempo que tarda en aprender una ANNs todo el conjunto de estos, debido a esto, entre más grande sea la muestra más tiempo consumirá la red en aprenderlos, agregando la carga computacional asociado a este proceso. Algunos autores no solo asocian el tamaño a la cantidad de patrones sino también a la cantidad de atributos de cada patrón.

### 2.11. Conclusiones del capítulo

- Se establecieron los principios científico-técnicos para la concepción de un sistema automatizado destinado a la predicción de consumo de combustible y recorrido del vehículo, lo cual constituye un elemento de control y planificación del parque automotor y de ayuda a la toma de decisiones para la ejecución del mantenimiento.
- Fue implementado un sistema automatizado, sobre el ambiente de desarrollo del MatLab, que permite la predicción y contraste del consumo de combustible y recorrido del parque automotor en estudio, mejorando la gestión, uso y administración de los recursos.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Con la disponibilidad de los paquetes estadísticos para PC, es posible realizar muchas pruebas estadísticas que antes requerían la asistencia de una persona con un alto nivel de formación y entrenamiento en bioestadística

#### **3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El sistema de gestión de datos es el conjunto de procedimientos por medio de los cuales se procesa la información. Involucra la recolección, manipulación, almacenamiento, y recuperación de información. Tal vez la herramienta más visible es la computadora; sin embargo, es meramente una de tantas herramientas necesarias. Otras “herramientas” son los instrumentos y los formularios de recolección de datos, el protocolo de gestión de datos, los mecanismos de control de calidad, documentación, instalaciones de almacenamiento tanto para el papel como los medios electrónicos, y los mecanismos de recuperación. El objetivo del sistema de gestión de datos es el de asegurar: a) datos de alta calidad, asegurar que la variabilidad en los datos proviene del fenómeno en estudio y no del proceso de recolección de datos, y b) un análisis e interpretación de datos precisos, apropiados y defendibles.

. Las primeras etapas del análisis deberían poner el énfasis en obtener cierto “conocimiento” de los datos y alguna familiaridad con sus características esenciales. El proceso de examinar los datos para comprenderlos está integrado al proceso de limpieza y análisis. Siempre cuestiona los datos y examínalos con una visión crítica. Los mismos conceptos que se emplean para la limpieza y edición de datos se pueden aplicar a tratar de

comprender los datos. En forma específica, estamos hablando de los valores esperados, los valores que faltan y los valores extremos. Algunos de los métodos más utilizados para abordar un conjunto de datos así como, para su limpieza consisten en la observación de:

1. Distribuciones uni-variables
2. Tabulaciones
3. Gráficos de puntos para mostrar los pares de variables continuas.
4. Matrices de correlación

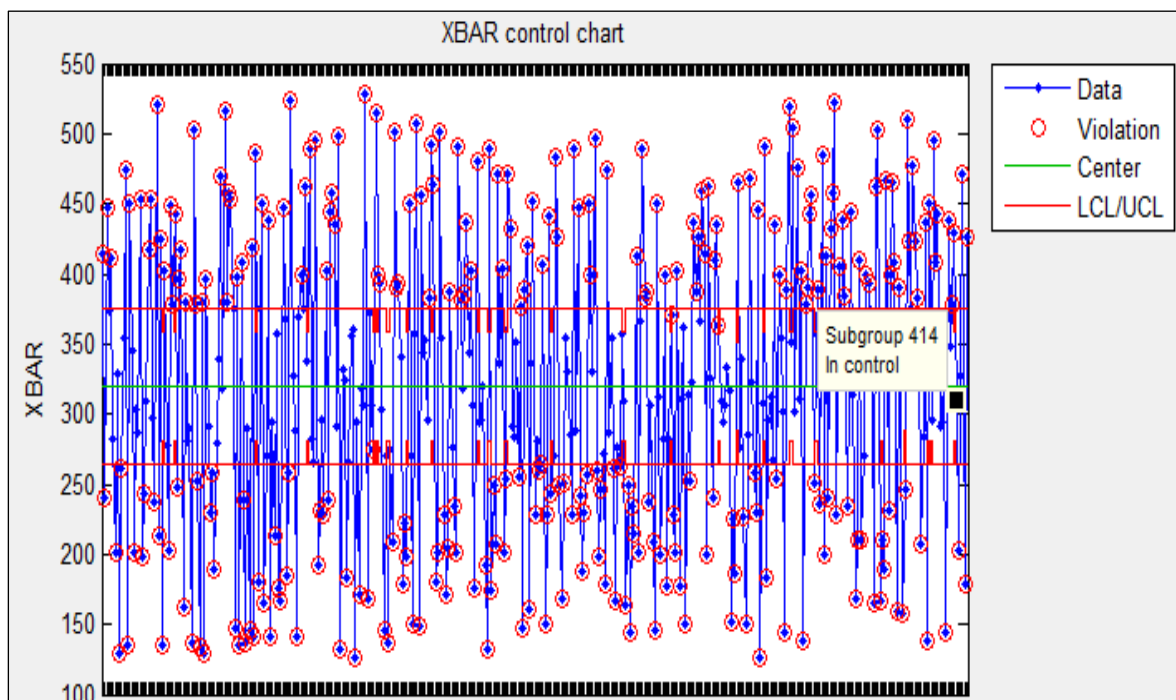
Estos análisis deberían incluir la evaluación de la concordancia cuando se espera que ocurra. Es útil, a menudo, preparar tablas de la información básica del análisis anterior, que puede ser usada como referencia en etapas posteriores de análisis y redacción.

La disponibilidad de la información, correspondiente al parque automotor en estudio, la cual recoge el comportamiento histórico de cada vehículo durante los últimos 4 años, nos permitirá establecer un patrón de comportamiento y variabilidad en la razón del consumo de combustible y la cantidad de distancia recorrida correspondiente. Esta data a lo largo de los años fue soportada sobre tablas de Excel con una entrada de información completamente manual y sin algoritmos o procedimientos específicos que permitieran controlar y verificar la entrada de cada dato en específico. De esta manera existe una alta probabilidad de la existencia de datos no representativos, inconsistentes y con errores en su tipología.

Cada tabla de datos, correspondiente a cada vehículo del parque automotor en estudio, fue analizada con el empleo de técnicas estadísticas para establecer la normalidad y

comportamiento de los datos. Lo cual permitió establecer los diferentes criterios para excluir los datos que se comportan como ruidos o casos aislados dentro del espacio de análisis.

Fue empleado el software MatLab V.11B con el cual se sometió a un análisis y filtrado de la información estableciendo los datos (juego de datos correspondientes a consumo y recorrido) que poseen un comportamiento violatorio de las restricciones expuestas. Tal como se observa en la figura 3.1 (ejemplo del comportamiento de la data de un vehículo del parque en estudio), se representa los datos de violación, los datos consistentes y representativos, y los datos que se encuentran en los límites establecidos para el control del proceso de limpieza.



**Figura 3.1. Gráfica de la distribución de los datos y los límites de control de un vehículo ligero analizado.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

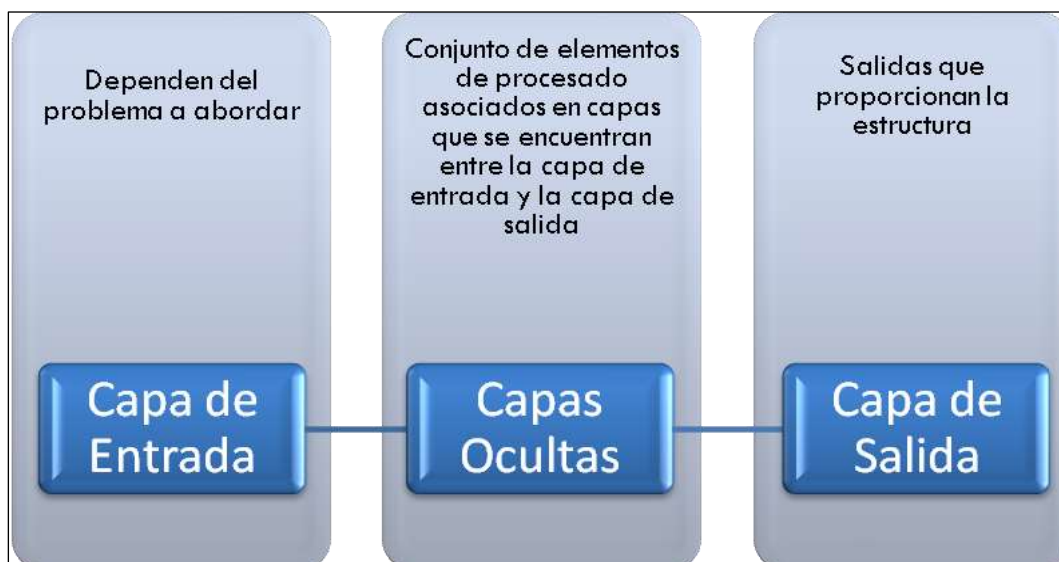
Cada juego de datos, correspondiente a cada automóvil del parque vehicular en estudio, fue sometida al mismo análisis y limpieza, estableciendo así para cada vehículo la existencia

de una data histórica representativa del mismo y si datos que pudiesen distorsionar la interpretación o modelación de los mismos.

Luego de la limpieza de los datos, la data de cada vehículo se vio reducida en cantidad de datos disponibles para el análisis, dicha reducción no afectó a la suficiencia de datos y cada uno de los vehículos dispone más de 400 juegos de datos fiables para su análisis, cifra que puede considerarse como representativa para su estudio y modelación.

### 3.2. TOPOLOGÍA DE LA RNA

Los elementos de procesamiento de una red neuronal se distribuyen por capas (conjunto de elementos de procesamiento que se encuentran en el mismo nivel en la estructura). Existen tres tipos de capas, las cuales se representan en la Fig. 3.2.



**Figura 3.2. Tipos de Capas.**

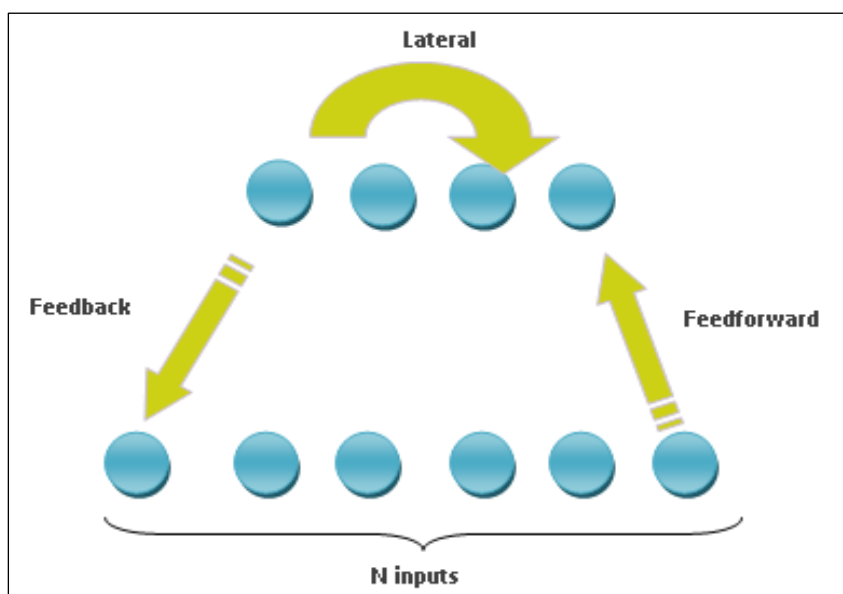
Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

El número de elementos de procesamiento puede variar en unas capas respecto a otras. Las funciones (tanto de activación como de salida) de los elementos de procesamiento pueden ser

diferentes. No existe limitación en el número de capas ocultas. En general, cuanto mayor sea la diferencia entre los elementos de entrada y los de salida, será necesario dotar a la estructura de más capas ocultas. Estas capas ocultas crean una representación interna de los patrones de entrada. La habilidad de la red para procesar información crece en proporción directa al número de capas ocultas.

Según, el número de interconexiones entre capas las redes se clasifican en: totalmente conectadas y localmente conectadas. En las redes totalmente conectadas la salida de un elemento de procesamiento de la capa  $i$  es entrada a todos los elementos de procesamiento de la capa  $i+1$ . Por el contrario, en las redes localmente conectadas, la salida de un elemento de procesamiento de la capa  $i$  es entrada a una región de elementos de procesamiento de la capa  $i+1$ .

En función de la dirección del movimiento de la información, se puede realizar una clasificación en: redes feedforward, redes feedback, redes feedlateral y redes recurrentes, tal como puede verse en la Fig. 3.3



**Figura 3.3. Tipos de Conexiones entre Neuronas.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

1. Conexiones hacia delante (Feed Forward). Para todos los modelos neuronales, los datos de las neuronas de una capa inferior son propagados hacia las neuronas de la capa superior por medio de las redes de conexiones hacia adelante.
2. Conexiones hacia atrás (Feed Back). Estas conexiones, llevan los datos de las neuronas de una capa superior a otras de la capa inferior.
3. Conexiones laterales. Un ejemplo típico de este tipo es el circuito “el ganador toma todo”, que cumple un papel importante en la elección del ganador.
4. Conexiones con retardo. Los elementos de retardo, se incorporan en las conexiones para implementar modelos dinámicos y temporales; es decir, modelos que precisan de memoria.

También, es posible que las redes sean de una capa con el modelo de pesos hacia atrás o bien el modelo multicapa hacia adelante. Es posible así mismo, el conectar varias redes de una sola capa para dar lugar a redes más grandes.

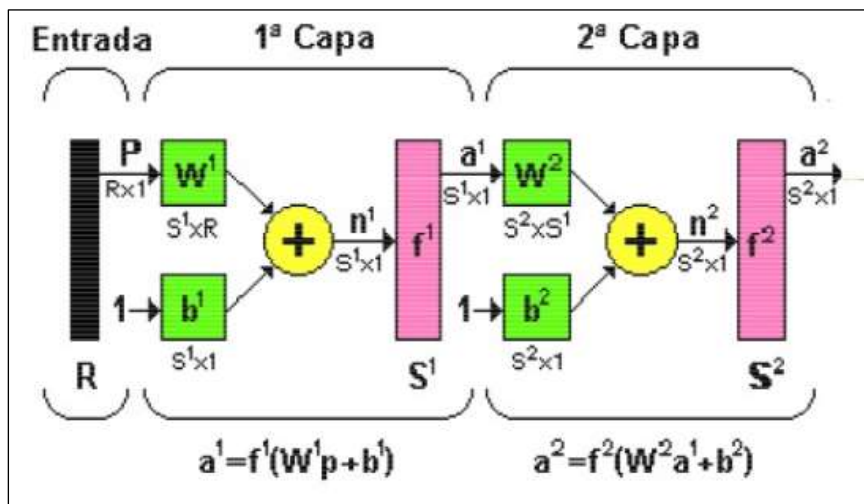
Las redes neuronales (perceptron multicapas) pueden ser utilizadas para efectuar cualquier relación no lineal entre un espacio de entrada y uno de salida. Por lo anterior cualquier función no lineal, continua, puede ser aproximada con una precisión deseada utilizando una red cuya capa intermedia posea neuronas de función de activación sigmoideal (o tangente hiperbólica) y una capa de salida con neuronas lineales, de esta manera no resultaría necesaria una red de más de dos capas (capa intermedia con neuronas sigmoideales, y capa de salida con neurona lineal).

Sin embargo este resultado no es totalmente cierto, y el error de aproximación puede ser disminuido considerablemente si se utilizan arquitecturas más complejas. Ahora, si se piensa



en una implementación práctica, arquitecturas más complejas significan un mayor tiempo de procesamiento, se dificulta el entrenamiento y se requiere un conjunto de datos más grande para la etapa de entrenamiento y validación.

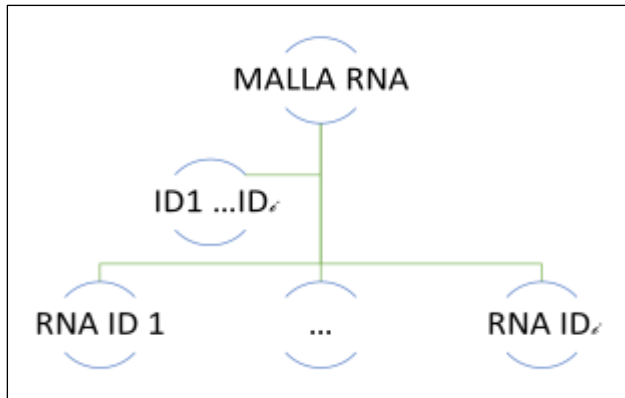
Para el desarrollo del presente trabajo se propone la realización de una RNA Feed Forward (ver figura 3.4) que estime, específicamente para cada automóvil, la distancia a recorrer si se tiene la entrada de la cantidad de combustible o que sea capaz de estimar la cantidad de combustible a utilizar si se tiene como dato de entrada la cantidad de Km a recorrer.



**Figura 3.4. Estructura de una RNA Feed Forward de perceptrón multicapa**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Al existir diferentes tipos de vehículos en estudio y cada uno de ellos con características técnicas singulares, se define una estructura disperso conciliada (Ver Figura 14) para la jerarquía del modelo predictivo. Así, el sistema estará compuesto por una red de RNA, donde cada vehículo tendrá su propia RNA y a su vez cada RNA IDi responderán al sistema de conciliación, el cual determinará que RNA IDi será encargada de la predicción y bajo que especificación de entrega del resultado, ya sea la predicción de recorrido o consumo de combustible.



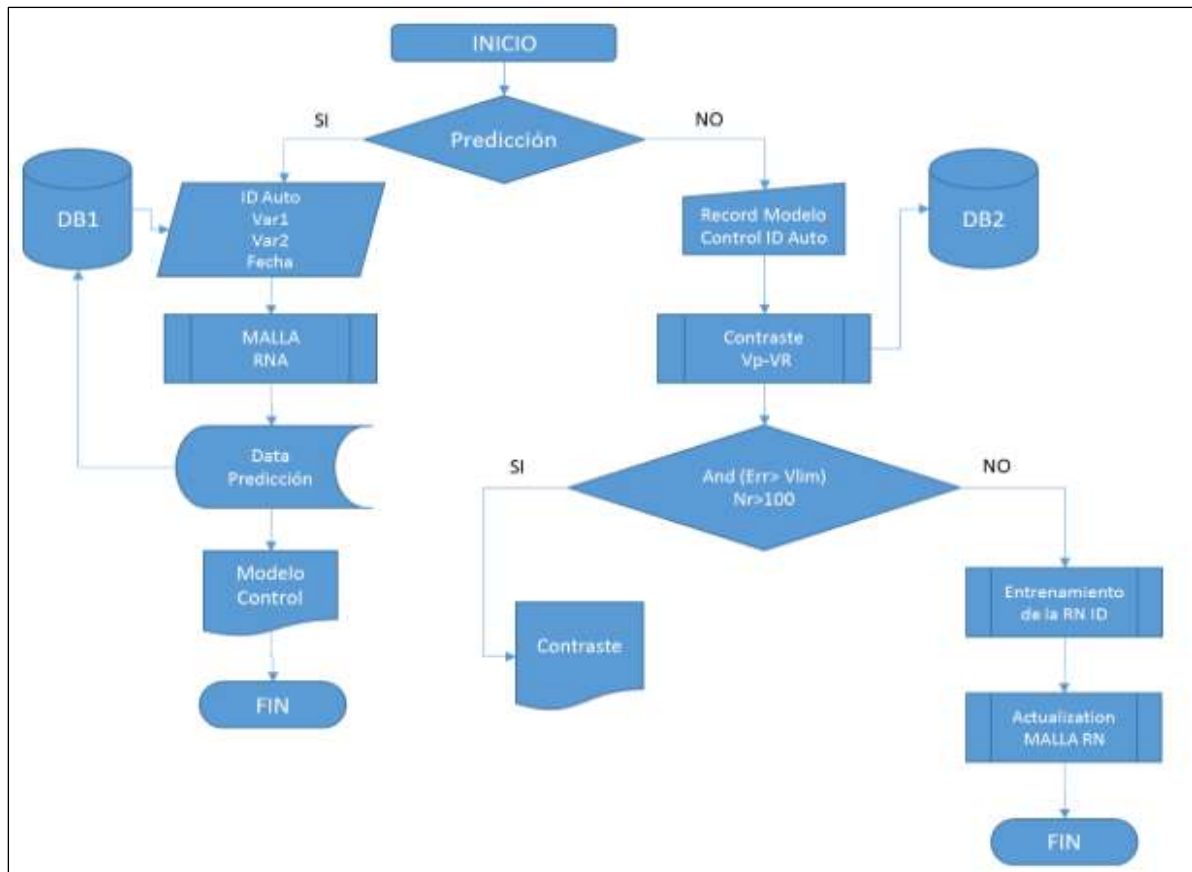
**Figura 3.5. Estructura disperso conciliada de RNA del sistema de predicción.**

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

Sobre la base del sistema conceptual descrito anteriormente y la propuesta de la estructura disperso conciliada del sistema, se establece un orden de las operaciones necesarias para la predicción del consumo de combustible o de la distancia recorrida por el automóvil.

El algoritmo propuesto (Ver Figura 3.5) establece las operaciones y procedimientos de manera jerárquica para la implementación del sistema computacional. Inicialmente debe definir si se desea predecir el consumo de combustible o recorrido de un automóvil o si se desea realizar el contraste entre una predicción realizada previamente con los valores reales de consumo de combustible y recorrido.

Para establecer una nueva predicción, será necesario otorgar al sistema los valores de los datos de entrada (ID del vehículo, opción entre la predicción del consumo o del recorrido y fecha,), de esta manera se comprobará la integridad de cada dato de entrada y se ejecutará el proceso de la malla de RNA, la cual obedece a la estructura disperso conciliada ilustrada en la figura Fig. 3.4. La malla de RNA será la encargada de analizar los datos de entrada y garantizar la llamada a la RNA perteneciente al ID del vehículo de manera singular, y obtener los datos de la predicción para su almacenamiento en la bases de datos, el procesamiento y cálculo de variables dependientes (razón de consumo y error de predicción) y su representación gráfica en la interface del sistema.



**Figura 3.6. Algoritmo general del sistema.**

**Elaborado por:** Arturo Falconí Borja, 2017

Una vez almacenados y graficados los valores de la RNA es posible realizar nuevas predicciones para el mismo vehículo u otro establecido por el decisor. Una vez concluida la operación de predicción es necesaria la generación de un modelo de control, el cual facilitará la recolección de los datos reales de consumo de combustible y recorrido del vehículo, lo cual garantizará la entrada de datos para el posterior análisis de contraste.

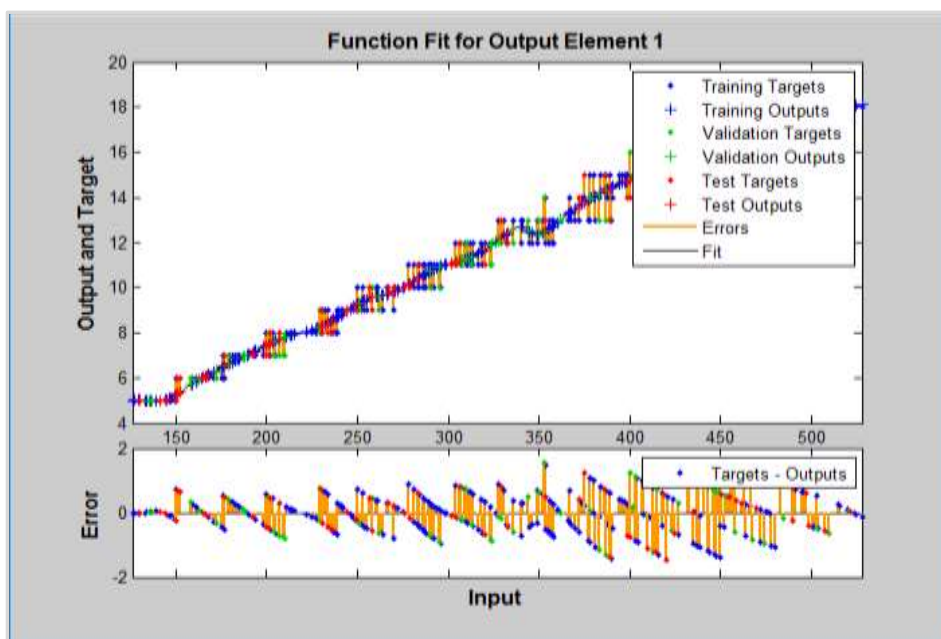
La opción de contraste, posee como datos iniciales los valores obtenidos de la predicción de la RNA y los obtenidos por medición y comprobación física luego del movimiento del vehículo. Se calculará la razón de consumo de combustible y la razón de recorrido, además del error general de la predicción. Este error de la predicción nos permitirá evaluar si la RNA, correspondiente al vehículo, se ajusta al comportamiento real del mismo. El error general posee un valor límite, establecido a priori por el decisor, en caso de que la predicción supere

ese error límite, el sistema establecerá un contador automático y almacenará los valores reales y el contraste realizado de forma dinámica.

Si la RNA establece de forma reiterada un número de predicciones que sobrepasen el error límite, el sistema tomará la decisión de reentrenar la RNA con los últimos 100 valores reales almacenados por la restricción el incumplimiento de la restricción del error límite. Así la RNA tomará nuevos datos reales del comportamiento del vehículo para su entrenamiento, validación y prueba y establecer los patrones del nuevo comportamiento del vehículo.

### 3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

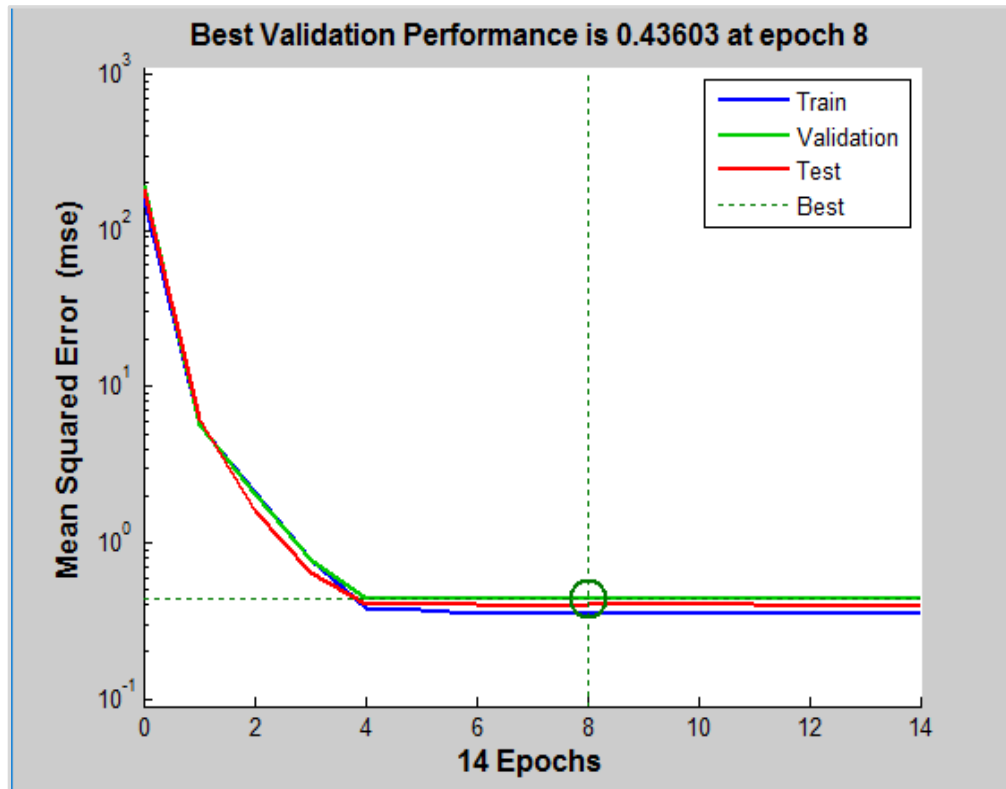
A partir del algoritmo general del sistema propuesto, se ha escogido el empleo del software MatLab, ya que constituye una potente herramienta para el desarrollo de RNA y de interface gráficas de usuario (GUI).



**Figura 3.7. Gráfico de ajuste entre valores de salida, los datos de entradas y el error correspondiente en las etapas de entrenamiento, validación y prueba.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

De igual manera se obtuvieron los gráficos de las funciones de ajuste para la entrada y salida de la RNA (ver figura 3.7), las curvas de la validación (ver figura 3.8), gradientes de error (ver figura 3.9), histograma de frecuencia de error (ver figura 3.10)

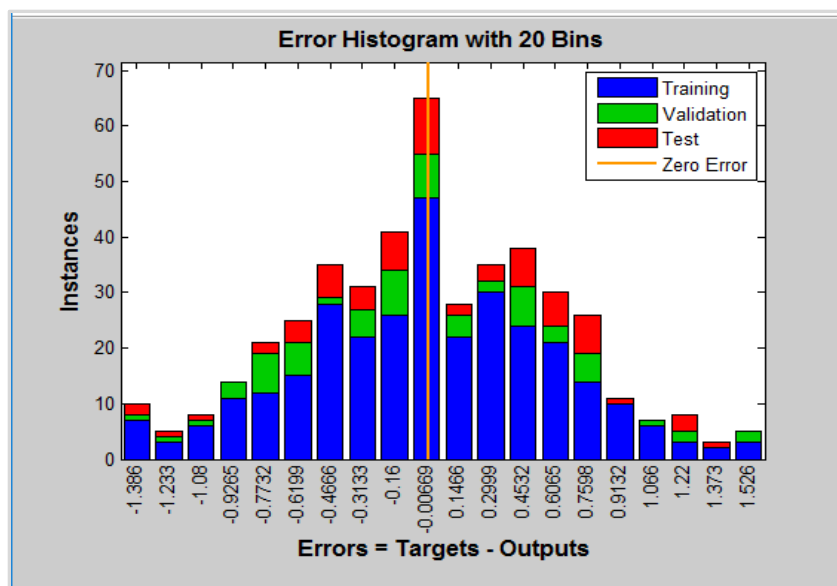


**Figura 3.8. Gráfico de ajuste entre valores de salida, los datos**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

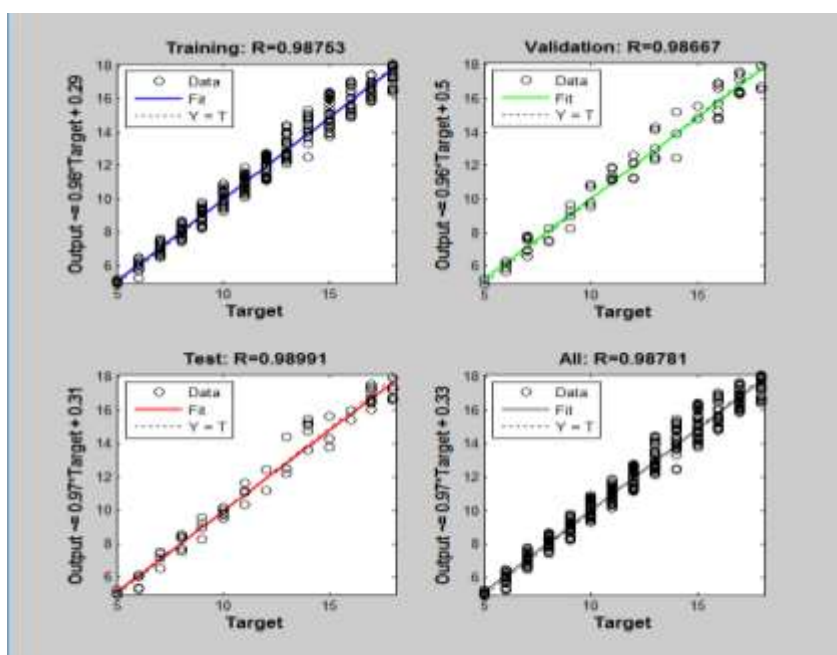
Durante el análisis y evaluación de los gráficos y valores del R2 obtenidos para cada una de las RNA desarrolladas, se puede apreciar que la red responde adecuadamente y la dispersión o error no supera el 2 % en cada uno de los casos.

Este comportamiento es el deseado, lo cual refleja el buen empleo de los datos durante el aprendizaje y desarrollo de la red en aras de un mejor desempeño y funcionamiento de la red. En esencia estos resultados representan que la red fue capaz de asimilar los patrones presentes en los datos que empleó durante el entrenamiento.



**Figura 3.9. Gráfico de histograma de frecuencias de error**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017



**Figura 3.10. Regresión de la RNA en las etapas de entrenamiento, validación, prueba y comportamiento general.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

### 3.4. Conclusiones del capítulo

- Fue analizado el 100 por ciento del estado del parque automotor del Gobierno Autónomo Municipal de Santo Domingo utilizado para las distintas labores, lo cual permitió

establecer la necesaria clasificación (Jeep, Camionetas y Maquinaria Agrícola) y su descripción para la viabilidad de la investigación

- Durante el diagnóstico y estudio de la data histórica, que describe el consumo de combustible por recorrido correspondiente a cada vehículo del parque automotor, se determinó la existencia de datos alterados en un 45 por ciento que no obedecen a los límites de control de operación eficiente de los vehículos, lo cual puede estar asociado al proceso de recolección de la data, errores de almacenamiento o irregularidades de control del combustible.

## **CAPÍTULO 4**

### **LA PROPUESTA**

#### **4.1. TÍTULO**

Diseño de un sistema automatizado para el control de la eficiencia en el uso de combustible del parque automotor del GAD municipal de Santo Domingo de los Tsáchilas en el año 2015.

#### **4.2. JUSTIFICACIÓN**

Los sistemas automatizados han desarrollado sistemas integrales de gestión, control de datos y modelos de predicción, constituyen una potente herramienta para la planificación de recursos en el ámbito empresarial y administrativo. Las herramientas de implementación de sistemas como el MatLab, permiten el desarrollo de modelos que facilitan la estimación de consumo de combustible y recorrido del vehículo, integradas a las características históricas de comportamiento del mismo, lo cual facilita planificación de movimientos futuros y la toma de decisiones para el mantenimiento del parque automotor.

#### **4.3. OBJETIVO GENERAL**

El Diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible en la plataforma de MatLb para la predicción y control del consumo de combustible y recorrido de los vehículos del de parque automotor del GAD municipal de Santo Domingo de los Tsachilas en el año 2015.



#### **4.4. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA**

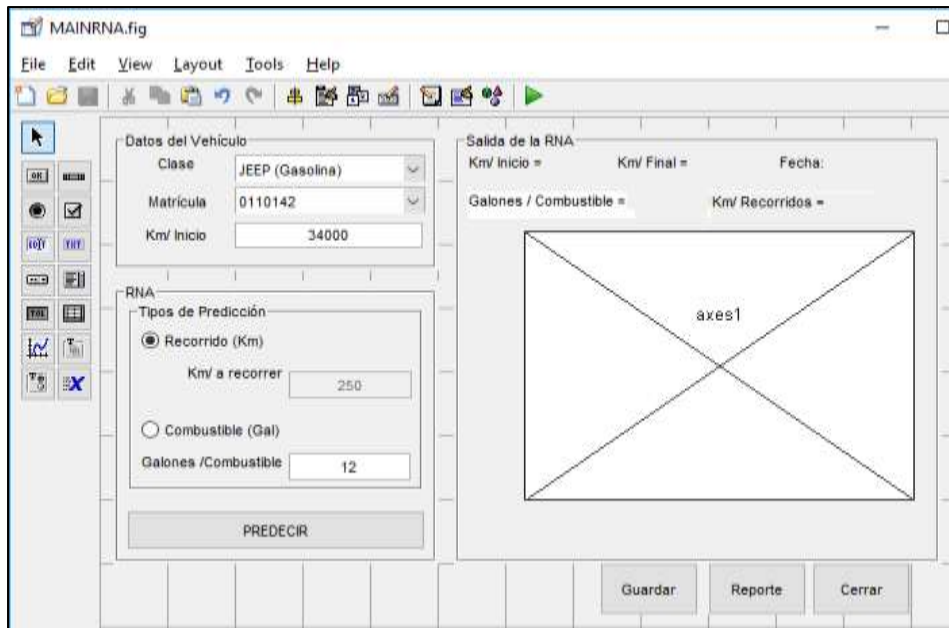
La propuesta está estructurada en la siguiente forma:

- Diseño de la interface gráfica del sistema
- Desarrollo de las funciones y código m para el enlace entre la interface gráfica, la base de datos del sistema y las RNA de cada vehículo del parque en estudio.
- Análisis de casos de estudio para la predicción de consumo de combustible.
- Generación de reporte o ficha de control del vehículo
- Análisis de casos de estudio para la introducción de los datos de recorrido y consumo de combustible reales y su análisis de contraste correspondiente.
- Análisis de error de la predicción.
- Análisis Técnico económico de la propuesta

#### **4.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

Para la implementación del algoritmo propuesto, resulta necesario el desarrollo de una interface gráfica que garantice una interacción simple al usuario del sistema y la fácil comprensión de los resultados a obtener.

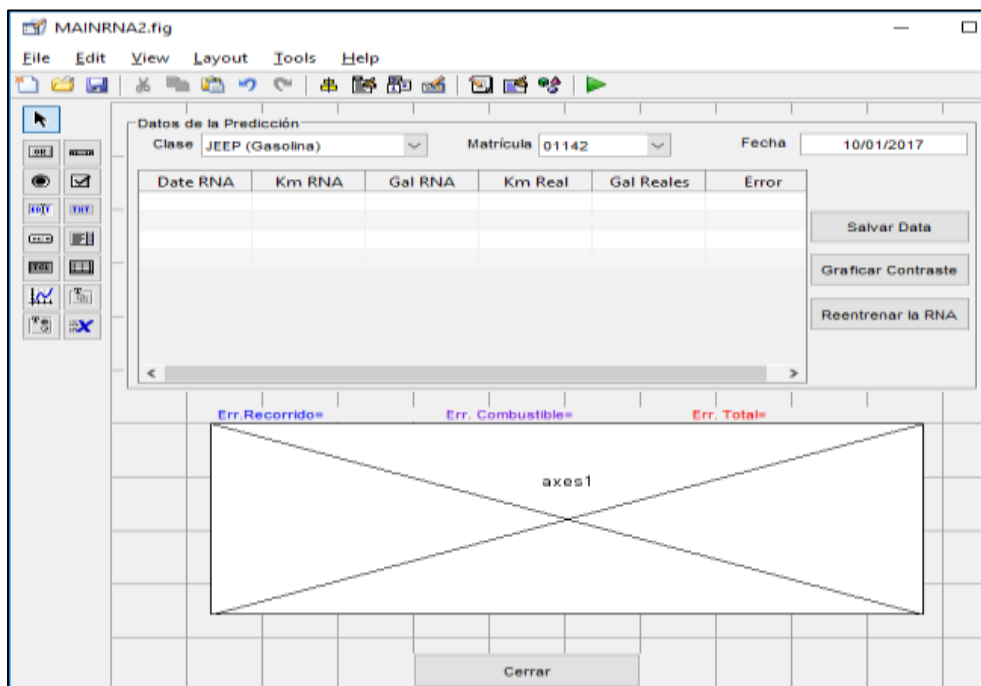
GUIDE (entorno de desarrollo de GUI) proporciona herramientas para diseñar interfaces de usuario para aplicaciones personalizadas. Mediante el editor de diseño de GUIDE, es posible diseñar gráficamente la interfaz de usuario. GUIDE genera entonces de manera automática el código base de MATLAB para construir la interfaz, el cual se puede modificar para programar el comportamiento de la aplicación.



**Figura 4.1. Desarrollo de la ventana del sistema para la predicción de recorrido o consumo de combustible.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

El desarrollo de la interface consta de dos ventanas principales, una para la realización de predicciones de consumo de combustible o distancia recorrida (ver figura 4.1)

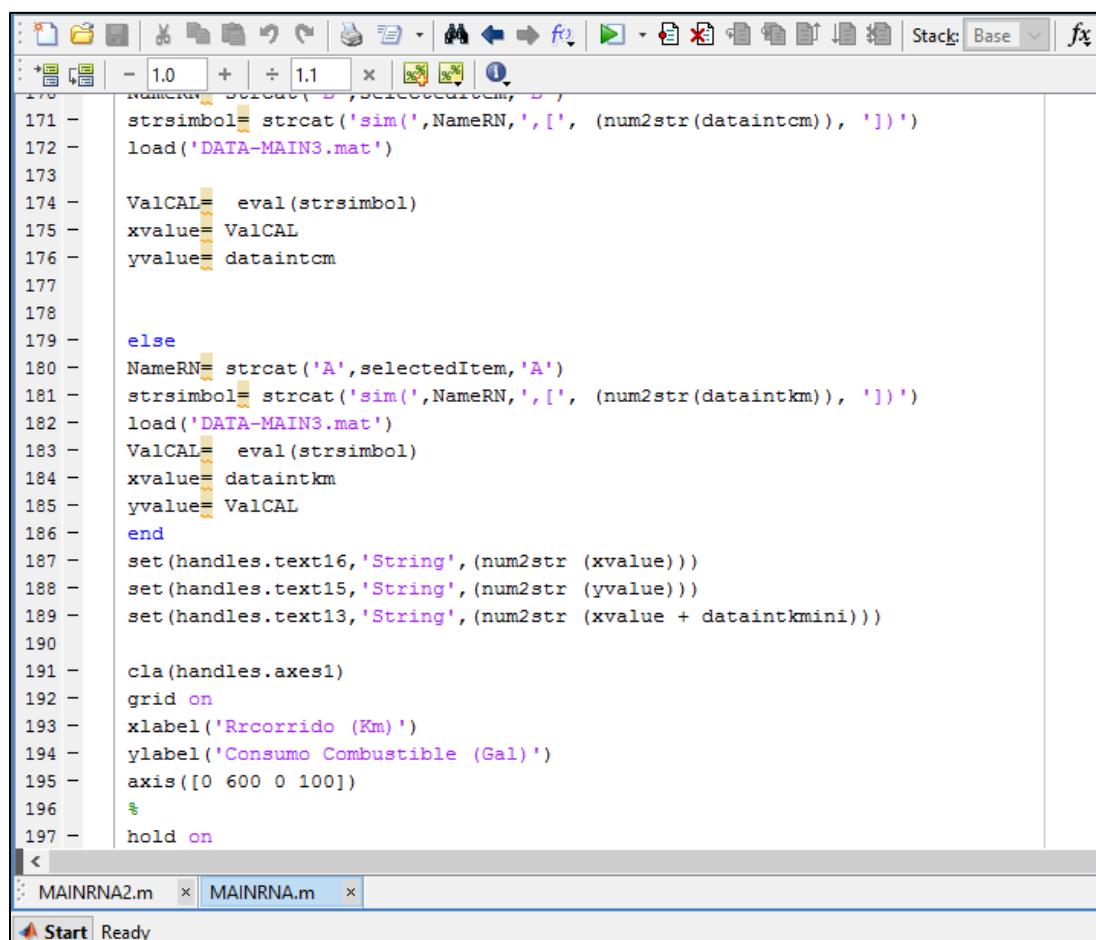


**Figura 4.2. Desarrollo de la ventana 2 del sistema para la predicción de recorrido o consumo de combustible.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

La segunda para el análisis o contraste de la predicción con los valores reales medidos durante la operación del vehículo (ver figura 4.2).

Para la definición de las funciones de operación del sistema se utilizó el código m de MatLab, y en su entorno de desarrollo definidas las operaciones de lectura, almacenamiento, cálculo, comparación y control de los datos de las predicciones realizadas, mediciones reales y características descriptivas del parque de vehículos. Además fue necesario implementar las funciones de creación, gestión y almacenamiento de la RNA que describen cada uno de los vehículos en estudio. En la figura 4.3, se ilustra una parte del código m generado dentro del entorno de programación del MatLab.



```

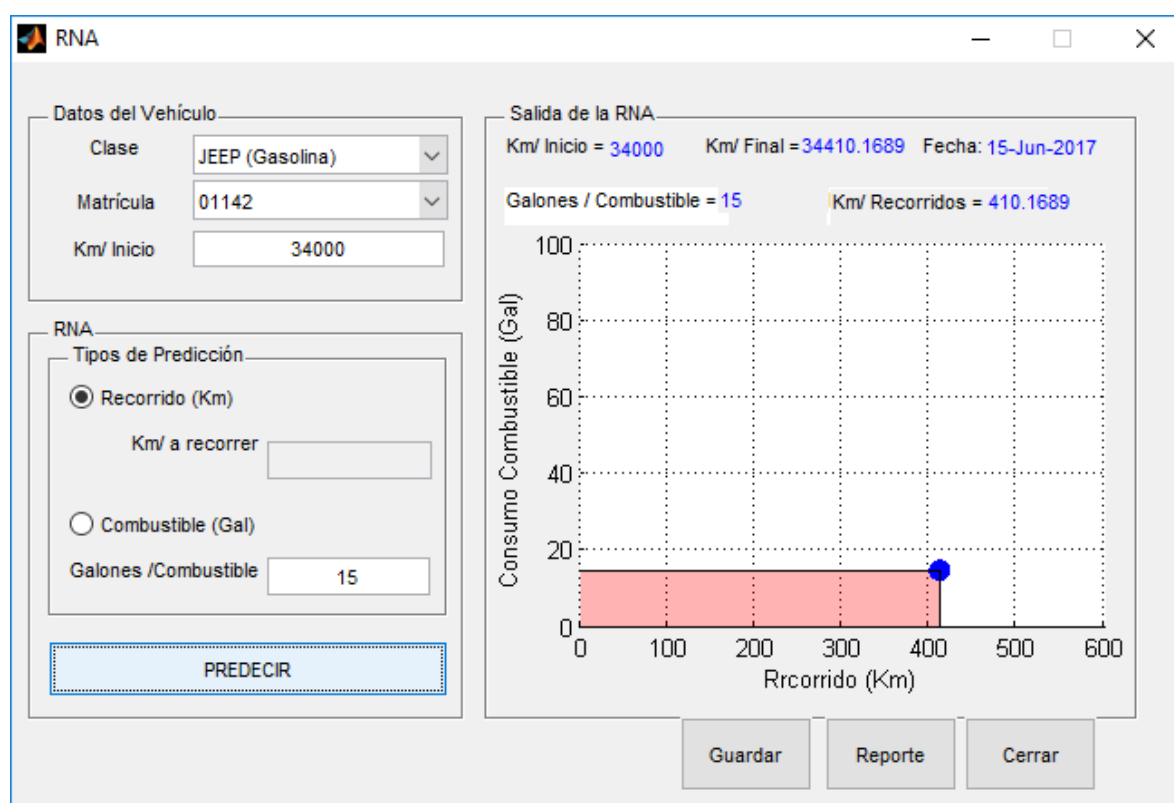
171 -   strsimbol= strcat('sim(',NameRN,',', [', (num2str(dataaintcm)), '])')
172 -   load('DATA-MAIN3.mat')
173
174 -   ValCAL= eval(strsimbol)
175 -   xvalue= ValCAL
176 -   yvalue= dataaintcm
177
178
179 -   else
180 -   NameRN= strcat('A',selectedItem,'A')
181 -   strsimbol= strcat('sim(',NameRN,',', [', (num2str(dataaintkm)), '])')
182 -   load('DATA-MAIN3.mat')
183 -   ValCAL= eval(strsimbol)
184 -   xvalue= dataaintkm
185 -   yvalue= ValCAL
186 -   end
187 -   set(handles.text16,'String',(num2str (xvalue)))
188 -   set(handles.text15,'String',(num2str (yvalue)))
189 -   set(handles.text13,'String',(num2str (xvalue + dataaintkmini)))
190
191 -   cla(handles.axes1)
192 -   grid on
193 -   xlabel('Rrcorrido (Km)')
194 -   ylabel('Consumo Combustible (Gal)')
195 -   axis([0 600 0 100])
196 -   %
197 -   hold on
  
```

**Figura 4.3. Desarrollo de las funciones del programa en código m en el entorno de desarrollo de MatLab.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

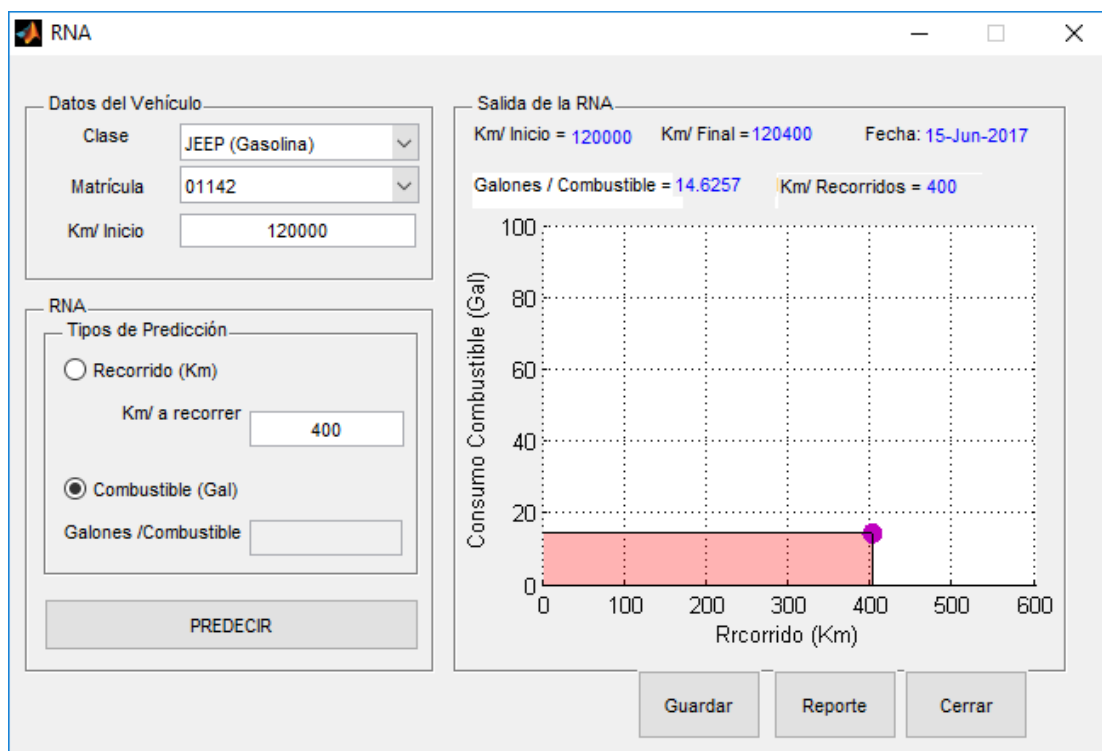
A partir de la implementación del sistema, fueron realizadas pruebas de contraste reales en aras de determinar la calidad del proceso de predicción de la RNA. Los casos analizados fueron satisfactorios no superando en 1,8% de error entre la predicción y la medición real realizada en el vehículo.

Dentro de las pruebas realizadas, se tomó un vehículo ligero de matrícula 01142 y se realizó la predicción de su recorrido para un depósito de 15 galones de combustible, para lo cual estimó un recorrido de 526,58 Km. (Ver figura 4.4)



**Figura 4.4. Ventana del sistema que realiza la predicción del desplazamiento recorrido.**  
Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

De la misma forma se realizó la predicción de consumo de combustible, asumiendo un recorrido de 560 Km, para lo cual la RNA estimó un consumo de 18,39 galones de combustible. (Ver figura 4.5).



**Figura 4.5. Ventana del sistema que realizar la predicción del consumo de combustible.**  
Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Luego se genera el reporte, el cual es utilizado para el posterior llenado de los datos tomados del movimiento del vehículo y poder realizar el análisis comparativo o contraste. (Ver figura 4.6).

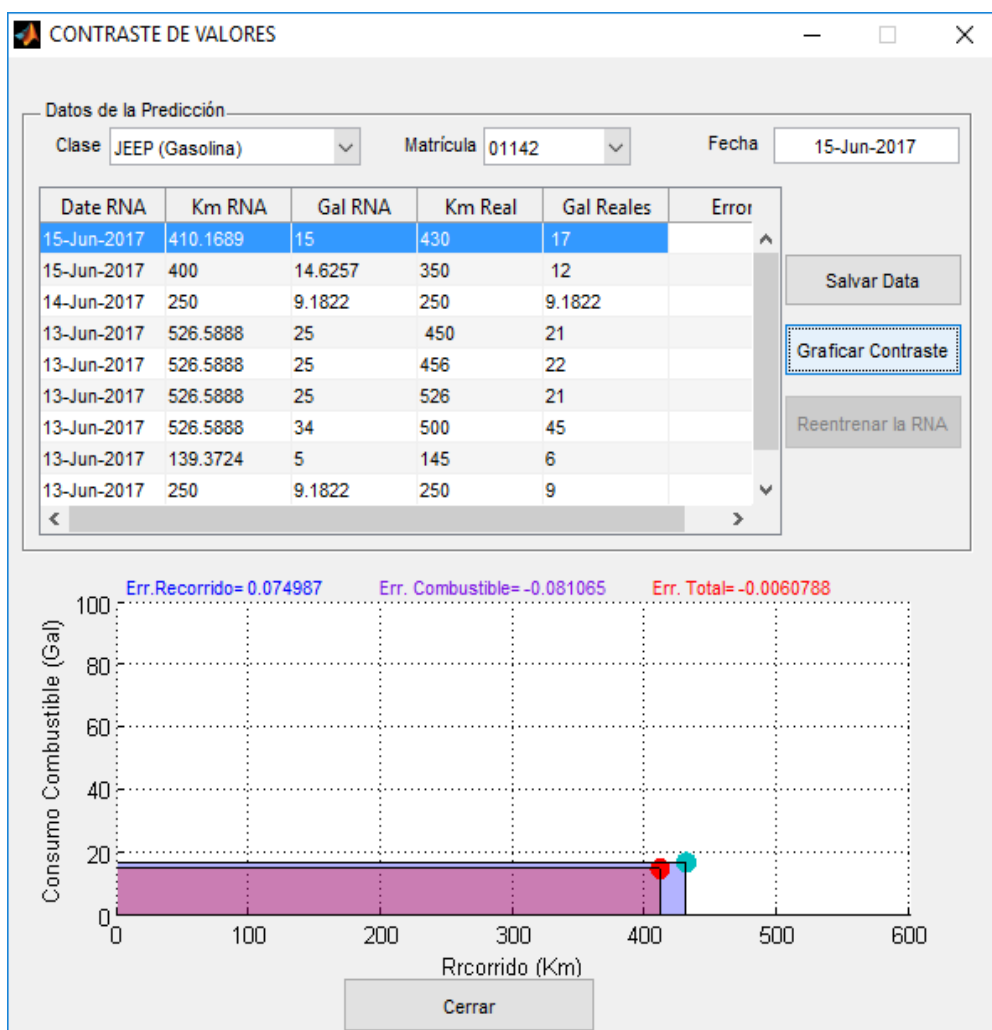
SICO-AUTOMOTRIZ			
DATOS DEL AUTO		DATA PREDICCION (RNA)	
Matricula:	1142	Recorrido (Km):	400
Km/Inicio	120000	Consumo (Gal):	14.6257
OBSERVACIONES		Código:	1142
		Fecha (RNA)	15-Jun-17
		DATA MEDICION	
		Recorrido (Km):	
		Consumo (Gal):	
		Fecha (Medición)	

**Figura 4.6. Ficha de reporte para la toma de los valores reales de recorrido y consumo del vehículo.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Posterior al conocimiento y anotación de los valores reales de recorrido y consumo de combustible se ejecuta la ventana de contraste activando el ID del vehículo que se desea analizar.

Luego se introducen manualmente los valores reales de las mediciones y se ejecuta la opción de Graficar Contraste. (Ver figura 4.7, Figura 4.8)

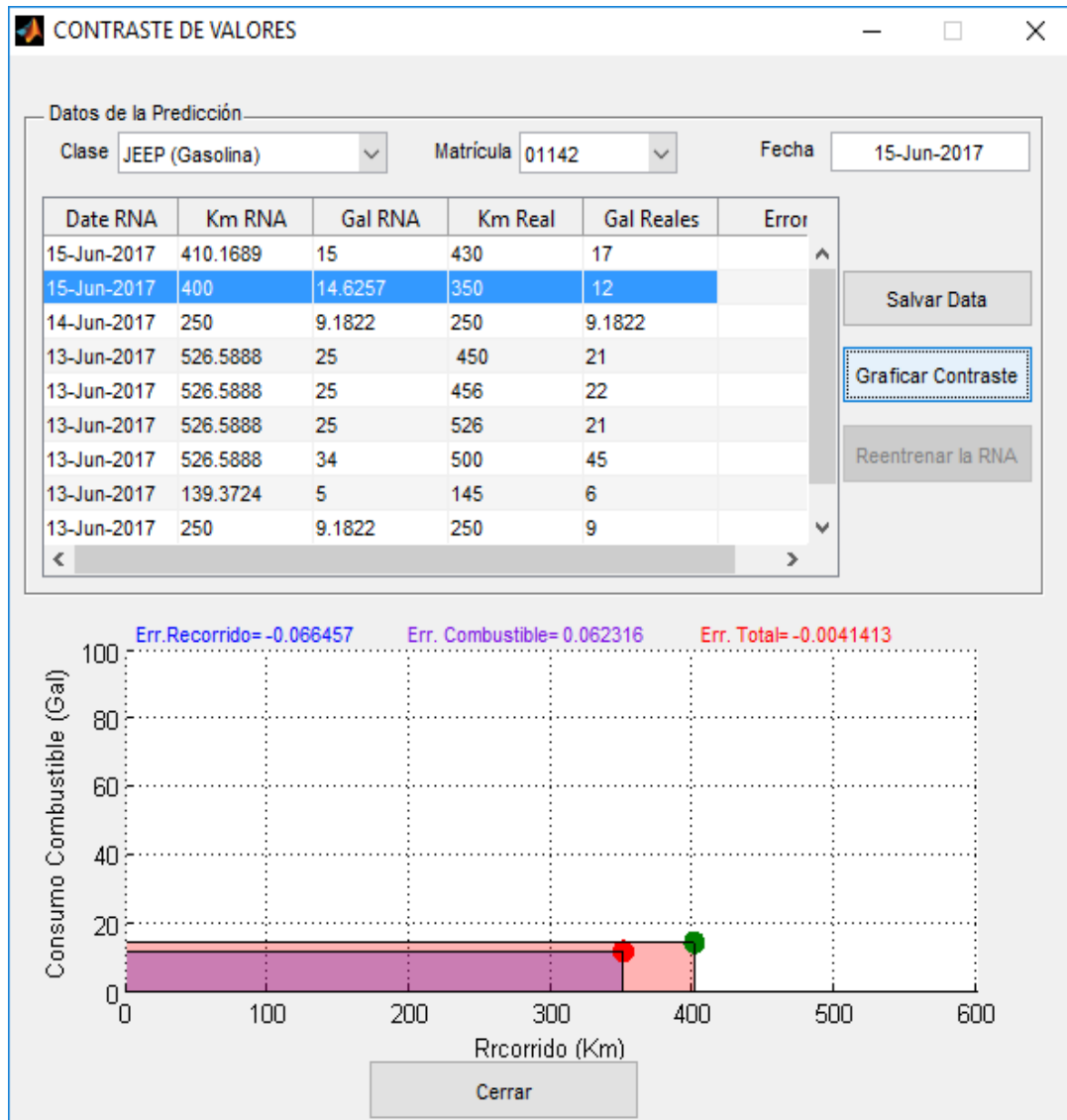


**Figura 4.7. Ventana del sistema que realiza el análisis de contraste entre una predicción y las mediciones reales.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

En la ventana, en su parte inferior, se observará dos gráficos de barra los cuales representan el par de datos asociados a la predicción y medición real respectivamente. La

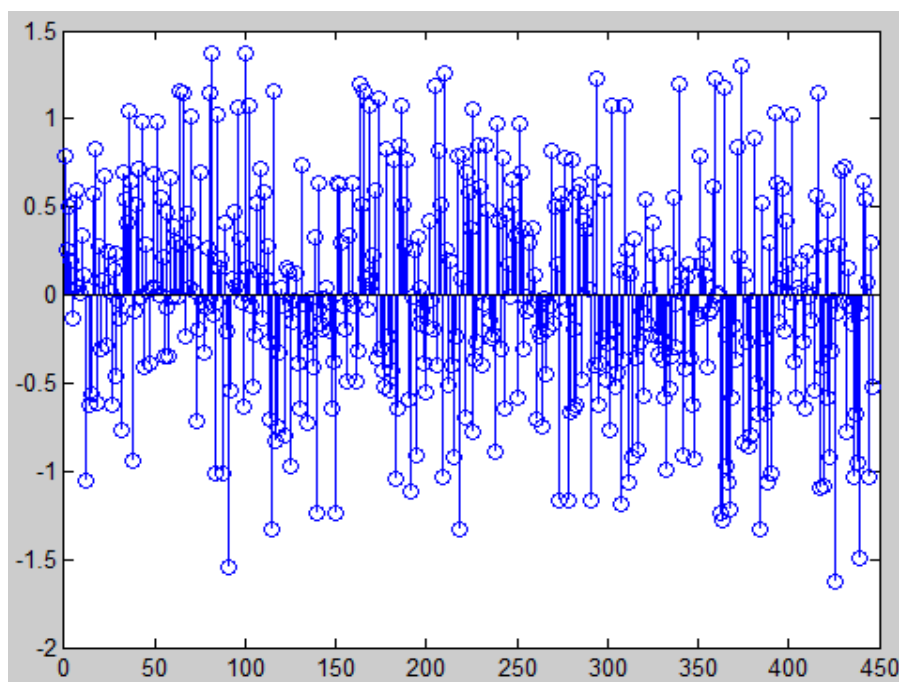
superficie de solapamiento representa la precisión de la predicción, por lo que siendo menor la superficie que se solapan entre ambas graficas será representación de una mala predicción.



**Figura 4.8. Ventana del sistema que realizar el análisis de contraste entre una predicción y las mediciones reales.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

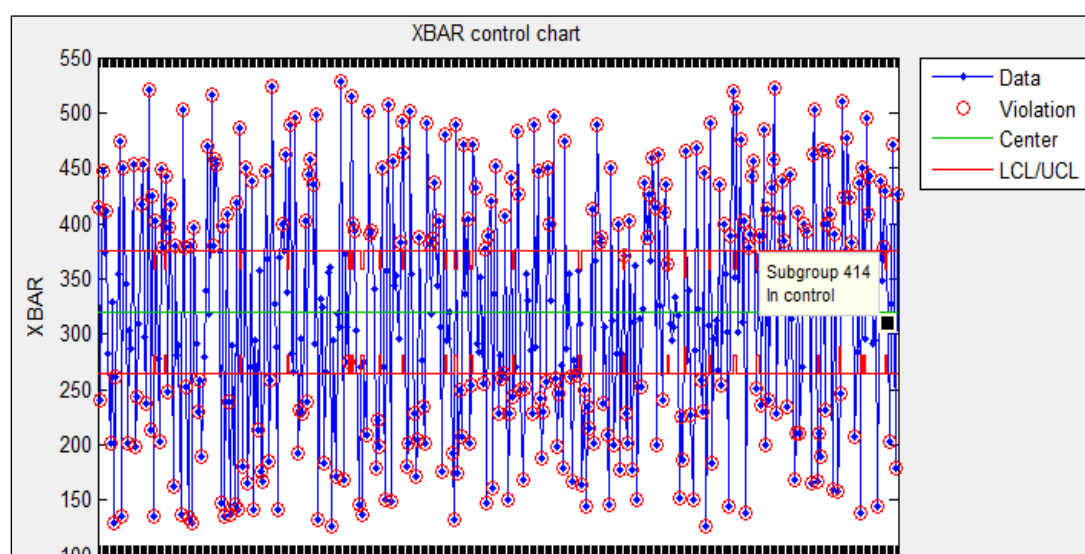
Los valores del error de la predicción se almacenan en la base de datos del sistema, y se realiza un control del mismo para la toma de decisión del reentrenamiento de la RNA. De esta manera se evidencia la representatividad de la respuesta de la RNA al comportamiento del vehículo correspondiente.



**Figura 4.9. Gráfica del error de predicción de los 450 casos de prueba.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

Fueron realizadas más de 400 pruebas para el contraste entre las predicciones y las mediciones reales de diferentes vehículos, fueron tabulados los errores del contraste en cada caso y este análisis permitió constatar que en ninguno de los casos analizados el error de la predicción sobrepasa el 1,8 % (ver figura 4.10)



**Figura 4.10. Gráfica de la distribución de los datos y los límites de control de un vehículo ligero analizado.**

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017



#### **4.6. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA**

El impacto económico del diseño de un sistema automatizado para el monitoreo y control de la eficiencia en el uso de combustible el modelo de predicción y control propuesto, radica en que este permite a los especialistas conocer de antemano los valores de consumo de combustible o recorrido del vehículo, y dichas predicciones de comportamiento pueden ser evaluadas para la creación de una mejor planificación de ruta del parque, representando un mejor empleo de los vehículos eficientes y ahorro de combustible y recursos durante el mantenimiento.

La ayuda en la de toma de decisiones durante la planificación de recorrido y consumo de combustible, repercute directamente en presupuesto de la entidad y el uso eficiente del parque automotor lo cual reduce el impacto negativo, de posibles vehículos con una condición técnica inapropiada, sobre el medio ambiente.

La implementación de este sistema automatizado permitirá ahorrar entre un 10 a 15 por ciento de los galones que adquiere la institución.

#### **4.7. Conclusiones del capítulo**

Las Redes neuronales representan una excelente alternativa como método de predicción para comportamientos establecidos por un conjunto de datos que caracterizan la ocurrencia de un evento.

Se desarrollaron diferentes pruebas de verificación y contraste y el error de la predicción no supero el 1,8 %, lo cual evidencia la representatividad de la respuesta de la RNA al consumo de combustible y recorrido realizado por el vehículo.

## RECOMENDACIONES

- Implementar mecanismos de minería de datos para la gestión de consumo de combustible y recorrido de cada vehículo en aras de lograr un mejor control y reducir los tiempos de respuesta de las consultas a la base de datos.
- Añadir la entrada de nuevas variables para el análisis del consumo de combustible y recorrido del vehículo en aras de lograr una mejor predicción y reducir los errores de la misma.
- Desarrollar las funciones pertinentes para facilitar la introducción de nuevos vehículos al sistema informático de forma simple para el usuario final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alle Autos 99 KNAC (1999) Autojaarboek Alkmaan, Holland.
- Altamira, Aníbal (2003) Determinación del consumo de combustible de vehículos pesados sobre distintos tipos de pavimento. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. 216 p.
- Altamira, Aníbal, et al. (2004) Calibration of fuel consumption model in HDM-4 model: An application to observed consumption in Canada and Chile. First Draft Version One. En: TRB 2004 Annual Meeting (2004: [s.l.]). Memorias. [s.l.]: Transportation Research Board, 26p.
- Amy, J. V. (1998) Handbook for purchasing a small transit vehicle, 140pp., Department of Transportation Commonwealth of Pennsylvania, USA, October.
- Aragón, M. R. (1986) Indicador de evaluación de consumo de combustible, Informe final de investigación, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), Facultad de Transporte, La Habana, Cuba.
- ASAE (2005) Uniform terminology for agricultural machine management, S 495, USA.
- Biezborodova, G. B.; Mayak, N. M.; Chalii, A. A. (1989) Economía de consumo durante la conducción de los automóviles, 128pp., Editorial Técnica, Kiev, URSS.
- Bohman, Mats (2006) On predicting fuel consumption and productivity of wheel loaders. Master's Thesis of Science Programme – Engineering Physics. Luleå: Luleå University of Technology, 39 p.
- Cansado, F. (1996) Curso de Estadística General, Edición Revolucionaria, La Habana, Cuba.

- Cañadas, Javier. (2007) Costes de operación del tráfico en la carretera. Tesina. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 158 p.
- Chesher, Andrew y Harrison, Robert. (1987) Vehicle operating cost: evidence from Developing Countries. Washington: Banco Mundial, 392 p. ISBN 0-8018-3588-7
- Chudakov, D. A. (1997) Teoría de Tractores Ed. MIR, Moscú, Rusia.
- Correa A., Cogollo J., Salazar J. (2010). Evaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos. Producción más limpia. Vol.5, (21) ,96-112.
- Delgado Fernández, Mercedes; Miyashiro Pérez, Liodine; (2009). Procedimiento para la mejora de procesos que intervienen en el consumo de combustible. Ingeniería Industrial.
- Dixon, W. J.; Massey, F. J. (1980) Introducción al Análisis Estadístico, Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Draper, N. R.; Smith, H. (1966) Applied Regression Analysis, John Wiley and sons, New York, USA.
- Fernández, N. E. (1987) Influencia de los combustibles en el funcionamiento de los motores de combustión interna, 276pp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Fuentes J. (2002) Selección, Evaluación y Renovación del Parque Vehicular, UCF, p. 190. Golato, R. (2011). El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte. Extensión. Vol. 17, no. 2, p. 245–254.
- Gauldie, R. (2001) Transport: The Impact of Fuel Price Fluctuations, 48 Bedford Square, London, WC 1B 3 DP, UK, Travel & Tourism Analyst 0.
- González, R. (2003) Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. Ingeniería Investigación y Tecnología. México. (VI) 56 –63.

- González, V. R. (1996) Explotación del parque de maquinaria, pp. 33-106, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba.
- Gurevich, A. M.; E. SOROKIN (1978) Tractores y automóviles, pp. 31-48, Tomo 1 y 2, Ed. MIR, Moscú, URSS.
- Luc Pelkmans, D. (2001) Influence of vehicle test cycle characteristics on fuel consumption and emissions of city buses. SAE 01FL-308.
- Malajova, N. (1989) Curso de economía y planificación del transporte automotor, Ministerio del Transporte, La Habana, Cuba.
- Martínez, José; Treviño, Francisco; Alcántar, Rosa; (2015). Modelo estadístico que permite observar el impacto de los factores que inciden en el rendimiento de combustible. Nova Scientia. 236-253.
- Montgomery, Douglas (1991) Diseño y análisis de experimentos. México D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V., 589 p. ISBN 968-7270-60-8.
- Montgomery, Douglas (1997) Design and analysis of experiments. 5 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997. 704 p. ISBN 9780471157465
- Moreno T., Wilfrido (1993) Aplicaciones al diseño y análisis de experimentos. Bucaramanga: Ediciones UIS, 330 p. ISBN 958-9318-03-7.
- Muñoz, A.; Peraza, D. (2006) Sistema de Evaluación de Cualidades Dinámicas y de Consumo. Trabajo de diploma. Universidad de Cienfuegos.
- Nebraska OECD (2001-2007) tractor test: 1618, 1774, 1791, 1807, 1835, 1841, 1870, 1874, 1879, 1894, 1897, 1899, 1902, 1907, 1909, 1911, 1918, 2270, 2335.-Summary 285, 445, 353, 373, 427, 503, 306, 528, 536, 561, 574, 556, 520, 527, 577, 579, 550, 527, 550. Agricultural Research Division, Institute of Agricultural and Natural Resources, University of Nebraska Lincoln, Nebraska, USA.

- Peña, D. (2000) Estadística modelos y métodos (parte I y II), Alianza Editorial, Madrid, España.
- Pérez Alcové, (1984) I. Metodología para la determinación del consumo de combustible en diferentes ciclos de movimiento. Informe final de investigación. La Habana: ISPJAE, Facultad de transporte.
- Pérez R., Fuentes J., Cogollo J., Toledo A. (2010). Evaluación de la eficiencia energética de vehículos pesados en el ciclo de movimiento básico modificado. Ingeniería Mecánica. Vol.13, (1) ,49-58.
- Rodolfo, P. (febrero 10, 2006) Economía del transporte. Recuperado de:[http://www.cip.cu/webcip/libros/rev\\_cubana/des-economico/transp-comunic/rev-130.html](http://www.cip.cu/webcip/libros/rev_cubana/des-economico/transp-comunic/rev-130.html)
- Salazar, Juan; Baena Zapata, Armando (2009) Análisis y diseño de experimentos aplicados a estudios de simulación. En: Dyna. N° 159, p. 249-257.
- Vsórov, B. A. (1986) Manual de motores Diesel para tractores, pp. 9-184; 610-638, Editorial MIR, Moscú, URSS.
- Vsórov, B.A. (2002) Manual de motores Diesel para tractores, 7810 ivt Diesel, Editorial MIR, Moscú, Rusia.

## ANEXOS

### Anexo A. Parque Automotor del Gobierno Autónomo descentralizado Municipal

#### Anexo A1. Vehículos livianos Jeep

No	VEHIC	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	CILINDRADA	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	01-42	JEEP	TOYOTA	LAND CRUISER PRADO	183637	9FH1N/J9519003933	3400	BUENO	GASOLINA
2	01-49	JEEP	CHEVROLET	VITARA 3P 4X4 STD	G16A-474560	8LDETAON/D16066	1600	BUENO	GASOLINA
3	07-36	JEEP	CHEVROLET	VITARA 3P STD T/M INYEC	G16B-704723	8LDBSE4408000671	1600	BUENO	GASOLINA
4	07-39	JEEP	FORD	EXPEDITION EDDIE BAUER 4X4	7LA07444	F1MFU18527LA07444	5400	BUENO	GASOLINA
5	08-399	JEEP	SUZUKI	TM 4X2	J20A-572102	8LDCB535290000498	2000	NUEVO	GASOLINA
6	08-43	JEEP	SUZUKI	TM 4X2	J20A-644977	8LDCB53509001886	2000	NUEVO	GASOLINA
7	10-440	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705971	8LDCCK35XB0054632	2000	NUEVO	GASOLINA
8	10-441	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-507046	8LDCCK351B0054633	2000	NUEVO	GASOLINA
9	10-442	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705930	8LDCCK353B0054634	2000	NUEVO	GASOLINA
10	10-443	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705959	8LDCCK355B0054635	2000	NUEVO	GASOLINA
11	10-444	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-706011	8LDCCK357B0054636	2000	NUEVO	GASOLINA
12	10-445	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705942	8LDCCK359B0054637	2000	NUEVO	GASOLINA
13	10-446	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705982	8LDCCK359B0054640	2000	NUEVO	GASOLINA
14	10-447	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705933	8LDCCK350B0054641	2000	NUEVO	GASOLINA
15	10-448	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705924	8LDCCK352B0054642	2000	NUEVO	GASOLINA
16	10-449	JEEP	SUZUKI	GRAND VITARA SZ 2.0L 5P TM 4X4	J20A-705977	8LDCCK354B0054643	2000	NUEVO	GASOLINA
17	12-477	JEEP	CHEVROLET	VITARA 16 3P STD T/M 4 X 4	G16B-724782	8LDBSE449C0018697	1600	NUEVO	GASOLINA
18	12-478	JEEP	CHEVROLET	VITARA 16 3P STD T/M 4 X 4	G16B-724779	8LDBSE442C0018699	1600	NUEVO	GASOLINA

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

#### Anexo A2. Camionetas

No	VEHICULO	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	CILINDRADA	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	09-415	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774187	8LBETF3E190023470	3000	NUEVO	DIESEL
2	09-416	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774185	8LBETF3E590023472	3000	NUEVO	DIESEL
3	09-417	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774164	8LBETF3E390023471	3000	NUEVO	DIESEL
4	09-418	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774180	8LBETF3E990023474	3000	NUEVO	DIESEL
5	09-419	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774179	8LBETF3E790023473	3000	NUEVO	DIESEL
6	09-420	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1774032	8LBETF3E490022622	3000	NUEVO	DIESEL
7	09-421	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1773358	8LBETF3E590022841	3000	NUEVO	DIESEL
8	09-422	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1772803	8LBETF3E890022896	3000	NUEVO	DIESEL
9	09-423	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1771167	8LBETF3E090022620	3000	NUEVO	DIESEL
10	09-424	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1771149	8LBETF3E790022632	3000	NUEVO	DIESEL
11	10-425	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1876396	8LBETF3E0A0050728	3000	NUEVO	DIESEL
12	10-426	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1876387	8LBETF3E2A0050729	3000	NUEVO	DIESEL
13	10-427	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1876394	8LBETF3E9A0050730	3000	NUEVO	DIESEL
14	10-428	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1874439	8LBETF3E0A0050731	3000	NUEVO	DIESEL
15	10-429	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877872	8LBETF3E2A0050732	3000	NUEVO	DIESEL
16	10-430	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877869	8LBETF3E6A0050734	3000	NUEVO	DIESEL
17	10-431	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877874	8LBETF3E8A0050735	3000	NUEVO	DIESEL
18	10-432	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877968	8LBETF3E9A0050968	3000	NUEVO	DIESEL
19	10-433	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877854	8LBETF3E0A0050969	3000	NUEVO	DIESEL
20	10-434	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877860	8LBETF3E7A0050970	3000	NUEVO	DIESEL
21	10-435	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877857	8LBETF3E9A0050971	3000	NUEVO	DIESEL
22	10-436	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877863	8LBETF3E0A0050972	3000	NUEVO	DIESEL
23	10-437	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1874432	8LBETF3E6A0050975	3000	NUEVO	DIESEL
24	10-438	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877862	8LBETF3E8A0050976	3000	NUEVO	DIESEL
25	10-439	CAMIONETA	CHEVROLET	LUV D-MAX 3.0L DIESEL CD TM 4X4	4JH1877853	8LBETF3EXA0050977	3000	NUEVO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

**Anexo A3. Motoniveladora**

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR		D7Z00032-ARR2820	87V5410	BUENO	DIESEL
2	MOTONIVELADORA	JOHN DEERE	670C	TO6068H887864	DW670CX580897	BUENO	DIESEL
3	MOTONIVELADORA	JOHN DEERE	670C	TO6068H887541	DW670CX580879	BUENO	DIESEL
4	MOTONIVELADORAS	NEWHOLLAND	RG-40B	30384524	N6AF00371	BUENO	DIESEL
5	MOTONIVELADORAS	NEWHOLLAND	RG-40B	30384528	N6AF00370	NUEVO	DIESEL
6	MOTONIVELADORAS	NEWHOLLAND	RG-40B	30383548	N6AF00346	BUENO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

**Anexo A4. Cargadoras Frontales**

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	PALA CARGADORA 950	CATERPILLAR	950	78P53387	8U18716	BUENO	DIESEL
2	PALA CARGADORA 950	CATERPILLAR	950	78P53979	8U18832	BUENO	DIESEL
3	PALA CARGADORA 920	CATERPILLAR	920	3304PC-78P-58739	62K11736	BUENO	DIESEL
4	PALA CARGADORA FRONTAL	DAEWOO	M250-V	D1146T-506634LB	DHKHLAA0T65003088	BUENO	DIESEL
5	PALA CARGADORA FRONTAL	KOMATSU	WA250-6	26557725		BUENO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

**Anexo A5. Tractor**

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	TRACTOR	CATERPILLAR	D7G	3306-03N-97615		NUEVO	DIESEL
2	TRACTOR	DRESSER	TD 12CXP	45707545-59	4230015P020980	NUEVO	DIESEL
3	TRACTOR	JOHN	5705 MFWD	J04045T056169	S/N CQ5705A033746	NUEVO	DIESEL
4	TRACTOR	KOMATSU	D65EX-16	26861048		NUEVO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

**Anexo A6. Rodillo**

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	RODILLO	VIBROMAX	VM132 D	21704926	JCB 1800453	BUENO	DIESEL
2	RODILLO	VOBROMAX	VM132 D	21704935	JCB 1800452	BUENO	DIESEL
3	RODILLO LISO VIBRATORIO	BOMAG	BW211D-40	10939882		BUENO	DIESEL
4	RODILLO LISO VIBRATORIO	BOMAG	BW211D-40	10938999		BUENO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

**Anexo A7. Tanques**

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO	COMBUSTIBLE
1	TANQUER	HINO	CHASIS CABINADO GH3JMB4	J08EUD13090	SERIE 9F3GH3JMB5XX1235	NUEVO	DIESEL
2	TANQUER	HINO	CHASIS CABINADO GH3JMB4	J08EUD13167	SERIE 9F3GH3JMB5XX1243	NUEVO	DIESEL
3	TANQUER	HINO	CHASIS CABINADO GH3JMB4	J08EUD13092	SERIE 9F3GH3JMB5XX1235	NUEVO	DIESEL
4	TANQUER	HINO	CHASIS CABINADO GH3JMB4	J08EUD13166	SERIE 9F3GH3JMB5XX1243	NUEVO	DIESEL

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017



### Anexo 8. Volquetas

No	TIPO DE VEH	MARCA	MODELO	MOTOR Nº	CHASIS	ESTADO
1	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13010	JHDFS1ELV7XX10244	NUEVO
2	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13011	JHDFS1ELV7XX10246	NUEVO
3	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13012	JHDFS1ELV7XX10248	NUEVO
4	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13013	JHDFS1ELV7XX10251	NUEVO
5	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13014	JHDFS1ELV7XX10253	NUEVO
6	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 13015	JHDFS1ELV7XX10254	NUEVO
7	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 12991	JHDFS1ELV7XX10232	NUEVO
8	VOLQUETA	HINO	FS1ELVD	E13CTM 12979	JHDFS1ELV7XX10226	NUEVO
9	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13127	SERIE 9F3GH8JGSBXX12040	NUEVO
10	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13197	SERIE 9F3GH8JGSBXX12048	NUEVO
11	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13196	SERIE 9F3GH8JGSBXX12047	NUEVO
12	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13193	SERIE 9F3GH8JGSBXX12044	NUEVO
13	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13293	SERIE 9F3GH8JGSBXX12050	NUEVO
14	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13291	SERIE 9F3GH8JGSBXX12049	NUEVO
15	VOLQUETA	HINO	GH8JGSD	J08EUD 13195	SERIE 9F3GH8JGSBXX12046	NUEVO

Elaborado por: Arturo Falconí Borja, 2017

## Anexo 2. Programación

### MAINRNA 1

```
function varargout = MAINRNA(varargin)
% MAINRNA MATLAB code for MAINRNA.fig
%     MAINRNA, by itself, creates a new MAINRNA or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = MAINRNA returns the handle to a new MAINRNA or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%     MAINRNA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%     function named CALLBACK in MAINRNA.M with the given input
arguments.
%
%     MAINRNA('Property','Value',...) creates a new MAINRNA or raises
the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%     applied to the GUI before MAINRNA_OpeningFcn gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to MAINRNA_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help MAINRNA

% Last Modified by GUIDE v2.5 11-Jun-2017 20:31:18

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @MAINRNA_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @MAINRNA_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
end
```

```

% --- Executes just before MAINRNA is made visible.
function MAINRNA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to MAINRNA (see VARARGIN)

% Choose default command line output for MAINRNA
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes MAINRNA wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
end

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = MAINRNA_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
end

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu1
%         contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
%         popupmenu1
contents = cellstr(get(hObject,'String'));
ValSelet = {get(hObject,'Value')}
ValSelet = cell2mat (ValSelet)
if ValSelet == 1
    set(handles.popupmenu2,'string',{'01142','01149','07316','07319',
                                     '08399','08413','10440','10441',
                                     '10442','10443','10444','10445'})
elseif ValSelet == 2
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
elseif ValSelet == 3
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
elseif ValSelet == 4
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
elseif ValSelet == 5
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
elseif ValSelet == 6
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
elseif ValSelet == 7
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})

```

```

elseif ValSelet == 8
    set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
end
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu2
contents as cell array
%       contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
popupmenu2
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as
a double
end

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
load('DATA-MAIN3.mat')
Kmstar= str2num (get(handles.editkm,'String'))
set(handles.text12,'String',(num2str (Kmstar)))
set(handles.text14,'String', (date))
dataintkmini= str2num (get(handles.editkm,'String'))
dataintkm= str2num (get(handles.edit6,'String'))
dataintcm= str2num (get(handles.edit7,'String'))
allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex}

if get(handles.radiobutton4, 'value')
NameRN= strcat('B',selectedItem,'B')
strsimbol= strcat('sim(',NameRN,',',[', (num2str(dataintcm)), ']))')
load('DATA-MAIN3.mat')

ValCAL= eval(strsimbol)
xvalue= ValCAL
yvalue= dataintcm

else
NameRN= strcat('A',selectedItem,'A')
strsimbol= strcat('sim(',NameRN,',',[', (num2str(dataintkm)), ']))')
load('DATA-MAIN3.mat')
ValCAL= eval(strsimbol)
xvalue= dataintkm
yvalue= ValCAL
end
set(handles.text16,'String',(num2str (xvalue)))
set(handles.text15,'String',(num2str (yvalue)))
set(handles.text13,'String',(num2str (xvalue + dataintkmini)))

cla(handles.axes1)
grid on
xlabel('Rcorrido (Km)')
ylabel('Consumo Combustible (Gal)')
axis([0 600 0 100])
%
hold on
s = scatter(xvalue,yvalue,'filled','SizeData',100);
%r=rectangle('position',[0 0 xvalue yvalue],'FaceColor','r','FaceAlpha',.5)
%r= rectangle('Position',[0 0 xvalue yvalue],'EdgeColor','blue','FaceColor',[0 0 0])
x = [0 xvalue xvalue 0];
y = [0 0 yvalue yvalue];
p=patch(x,y,'red','FaceAlpha',.3)

hold off
clear p s x y eventdata hObject handles Kmstar dataintkmini dataintkm
dataintcm allItems selectedIndex selectedItem xvalue yvalue strsimbol
NameRN ValCAL;
save('DATA-MAIN3.mat')
end

```

```

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as
a double
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as
a double
end

% --- Executes on button press in radiobutton3.
function radiobutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to radiobutton3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex};
NameRN= strcat('B',selectedItem,'B');
set(handles.edit7, 'enable', 'off')
set(handles.edit6, 'enable', 'on')
pasanet=1;
% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton3
end

% --- Executes on button press in radiobutton4.
function radiobutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to radiobutton4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex};
NameRN= strcat('A',selectedItem,'A');
set(handles.edit6, 'enable', 'off')
set(handles.edit7, 'enable', 'on')
pasanet=0;
% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton4
end

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
Kmstar2= get(handles.editkm,'String')

```

```

dataintkmini2= get(handles.editkm,'String')
dataintkm2= get(handles.edit6,'String')
dataintcm2= get(handles.edit7,'String')
allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex}

date2 = get(handles.text14,'String')
GalRNA= get(handles.text15,'String')
KmRNA = get(handles.text16,'String')
load('DATA-MAIN3.mat')

NameDataFile= strcat('Data',selectedItem)

if exist(NameDataFile,'var')
    eval (strcat(NameDataFile,'=    [' ,NameDataFile    ,';{selectedItem
KmRNA GalRNA date2 }]))

    msgbox('Salvado','Success','modal')
else
    eval (strcat(NameDataFile,'{1,4} = []'))
    eval (strcat(NameDataFile,'={selectedItem KmRNA GalRNA date2 }'))

    msgbox('Creada la data y Salvado','Success','modal')
end

NameDataFile11= strcat('DataComp',selectedItem)
if exist(NameDataFile11,'var')
    newdata = [{date2 KmRNA GalRNA ' ' ' ' ' ' } ; eval(NameDataFile11)]
    eval (strcat(NameDataFile11,'=newdata'))
    msgbox('Creada nueva data','Success','modal')

end

%vars{1,4} = []
%vars = {selectedItem KmRNA GalRNA date2 }
%vars = [vars; {selectedItem KmRNA GalRNA date2}];
clear      NameDataFile11  newdata  Kmstar2  dataintkmini2  dataintkm2
dataintcm2  allItems  selectedIndex  selectedItem  date2  GalRNA  KmRNA
NameDataFile hObject handles eventdata;
save('DATA-MAIN3.mat')
%eval (strcat('save(''DATA-MAIN3'',',' ' ' ' ' ,NameDataFile, ' '))')
%load('DATA-MAIN3.mat')
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

end
end

function editkm_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to editkm (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of editkm as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of editkm
as a double
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function editkm_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to editkm (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

```

## MAINRNA2

```

function varargout = MAINRNA2(varargin)
% MAINRNA2 MATLAB code for MAINRNA2.fig
%          MAINRNA2, by itself, creates a new MAINRNA2 or raises the
existing
%          singleton*.
%
%          H = MAINRNA2 returns the handle to a new MAINRNA2 or the handle
to
%          the existing singleton*.
%
%          MAINRNA2('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%          function named CALLBACK in MAINRNA2.M with the given input
arguments.
%
%          MAINRNA2('Property','Value',...) creates a new MAINRNA2 or
raises the
%          existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%          applied to the GUI before MAINRNA2_OpeningFcn gets called. An
%          unrecognized property name or invalid value makes property
application
%          stop. All inputs are passed to MAINRNA2_OpeningFcn via
varargin.
%
%          *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one

```



```

%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help MAINRNA2

% Last Modified by GUIDE v2.5 12-Jun-2017 20:42:55

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',   @MAINRNA2_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',    @MAINRNA2_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',    [], ...
                  'gui_Callback',     []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
end

% --- Executes just before MAINRNA2 is made visible.
function MAINRNA2_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin     command line arguments to MAINRNA2 (see VARARGIN)

% Choose default command line output for MAINRNA2
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
set(handles.edit2,'String',(date))
% UIWAIT makes MAINRNA2 wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

end

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = MAINRNA2_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

end

```

```

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as
a double
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu1
contents as cell array
%         contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
popupmenu1
    contents = cellstr(get(hObject,'String'))
    ValSelet = {get(hObject,'Value')}
    ValSelet = cell2mat (ValSelet)
    if ValSelet == 1
        set(handles.popupmenu2,'string',{'01142','01149','07316','07319',
            '08399','08413','10440','10441',
            '10442','10443','10444','10445'})
    elseif ValSelet == 2
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 3
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 4
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 5
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 6
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 7
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    elseif ValSelet == 8
        set(handles.popupmenu2,'string',{' '})
    end
end
end

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

% --- Executes on selection change in popupmenu2.
function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns popupmenu2
contents as cell array
%       contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from
popupmenu2
allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex}

set(handles.uitable4,'Data',[])
NameDataFile= strcat('Data',selectedItem)
NameDataFile11= strcat('DataComp',selectedItem)
load('DATA-MAIN3.mat')
if exist(NameDataFile11,'var')

    set(handles.uitable4 , 'Data', eval(NameDataFile11))

else
    load('DATA-MAIN3.mat')
if exist(NameDataFile,'var')
    nrow = length(NameDataFile);
    row= 1

    while (row < nrow)
        filadata = eval(strcat (NameDataFile , '(' , (num2str (row)) , ',: )'))
        filadata = [filadata(4) filadata(2) filadata(3) ' ' ' ' ' ' ' ' ]
        row = row + 1;
        oldData = get(handles.uitable4,'Data');
        newData = [filadata ; oldData ];
        set(handles.uitable4,'Data',newData)
    end
    msgbox('Cargada la data','Success','modal')
else
    msgbox('Creada nueva data','Success','modal')
end
end
clear NameDataFile11 oldData newData row nrow allItems selectedIndex
selectedItem NameDataFile hObject handles eventdata;

```

```

save('DATA-MAIN3.mat')
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as
a double
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
end

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
end

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
end

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
end

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
end

% --- Executes on button press in pushbutton6.
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

allItems = get(handles.popupmenu2,'string')
selectedIndex = get(handles.popupmenu2,'Value')
selectedItem = allItems{selectedIndex}

load('DATA-MAIN3.mat')

NameDataFile= strcat('DataComp',selectedItem)

if exist(NameDataFile,'var')
    oldData = get(handles.uitable4,'Data');
    eval (strcat(NameDataFile,'= oldData'))

    msgbox('Salvado','Success','modal')
else
    eval (strcat(NameDataFile,'{1,6} = []'))
    oldData = get(handles.uitable4,'Data');
    eval (strcat(NameDataFile,'= oldData'))

    msgbox('Creada la data y Salvado','Success','modal')
end

%vars{1,4} = []
%vars = {selectedItem KmRNA GalRNA date2 }
%vars = [vars; {selectedItem KmRNA GalRNA date2}];
clear oldData allItems selectedIndex selectedItem NameDataFile hObject
handles eventdata;
save('DATA-MAIN3')
end

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
load('DATA-MAIN3.mat')
oldData = get(handles.uitable4, 'Data'); %get current table

```

```

result = oldData(rowselet,:); %get value from particular place
x1= str2num(cell2mat(result(2)))
y1= str2num(cell2mat(result(3)))
x2= str2num(cell2mat(result(4)))
y2= str2num(cell2mat(result(5)))
Errkm= 1 - (x2/((y2*x1)/y1))
Errcm= 1- (y2/((y1*x2)/x1))
ErrT = Errkm + Errcm
set(handles.text14,'String',(num2str (Errkm)))
set(handles.text16,'String',(num2str (Errcm)))
set(handles.text18,'String',(num2str (ErrT)))
cla(handles.axes1)
grid on
xlabel('Rrcorrido (Km)')
ylabel('Consumo Combustible (Gal)')
axis([0 600 0 100])
hold on
s1 = scatter(x1,y1,'filled','SizeData',100);
s2 = scatter(x2,y2,'filled','SizeData',100);
%r=rectangle('position',[0 0 xvalue yvalue],'FaceColor','r','FaceAlpha',.5)
%r=rectangle('Position',[0 0 xvalue yvalue],'EdgeColor','blue','FaceColor',[0 0 0])
x = [0 x1 x1 0];
y = [0 0 y1 y1];
p=patch(x,y,'red','FaceAlpha',.3)

x = [0 x2 x2 0];
y = [0 0 y2 y2];
p=patch(x,y,'blue','FaceAlpha',.3)
hold off

clear ErrT Errkm Errcm x y x1 y1 x2 y2 p s1 s2 hObject eventdata
handlesoldData result;
save('DATA-MAIN3')
end

% --- Executes when selected cell(s) is changed in uitable4.
function uitable4_CellSelectionCallback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to uitable4 (see GCBO)
% eventdata structure with the following fields (see UITABLE)
% Indices: row and column indices of the cell(s) currently selecteds
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
load('DATA-MAIN3.mat')
rowselet = eventdata.Indices(1)
colselet = eventdata.Indices(2)
clear hObject eventdata handlesoldData ;
save('DATA-MAIN3')
end

% --- Executes when entered data in editable cell(s) in uitable4.
function uitable4_CellEditCallback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to uitable4 (see GCBO)
% eventdata structure with the following fields (see UITABLE)
% Indices: row and column indices of the cell(s) edited
% PreviousData: previous data for the cell(s) edited
% EditData: string(s) entered by the user

```

```
%      NewData: EditData or its converted form set on the Data property.  
Empty if Data was not changed  
%      Error: error string when failed to convert EditData to appropriate  
value for Data  
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)  
load('DATA-MAIN3.mat')  
rowselet = eventdata.Indices(1)  
colselet = eventdata.Indices(2)  
clear hObject eventdata handlesoldData ;  
save('DATA-MAIN3')  
end
```